৯ম-১০ম শ্রেণি

পদার্থবিজ্ঞান

আলোচ্য বিষয়

অধ্যায় ১০ – স্থিরবিদ্যুৎ

ব্যবহারবিধি

দেখে নাও এই অধ্যায় থেকে কোথায় কোথায় প্রশ্ন এসেছে এবং সৃজনশীল ও বহুনির্বাচনীর গুরুত্ব।

কুইক টিপস

সহজে মনে রাখার এবং দ্রুত ক্যালকুলেশন করতে সহায়ক হবে।

বহুনির্বাচনী (MCQ)

বিগত বছর গুলোতে বোর্ড, স্কুল, কলেজ এবং বিশ্ববিদ্যালয়ে আসা বহুনির্বাচনী প্রশ্ন দেখে নাও উত্তরসহ।

সৃজনশীল (CQ)

পরীক্ষায় আসার মতো গুরুত্বপূর্ণ সৃজনশীল দেখে নাও উত্তরসহ।

প্র্যাকটিস

পরীক্ষায় আসার মতো গুরুত্বপূর্ণ সমস্যাগুলো প্র্যাকটিস করে নিজেকে যাচাই করে নাও।

উত্তরমালা

প্র্যাকটিস সমস্যাগুলোর উত্তরগুলো মিলিয়ে নাও।

উদাহরণ

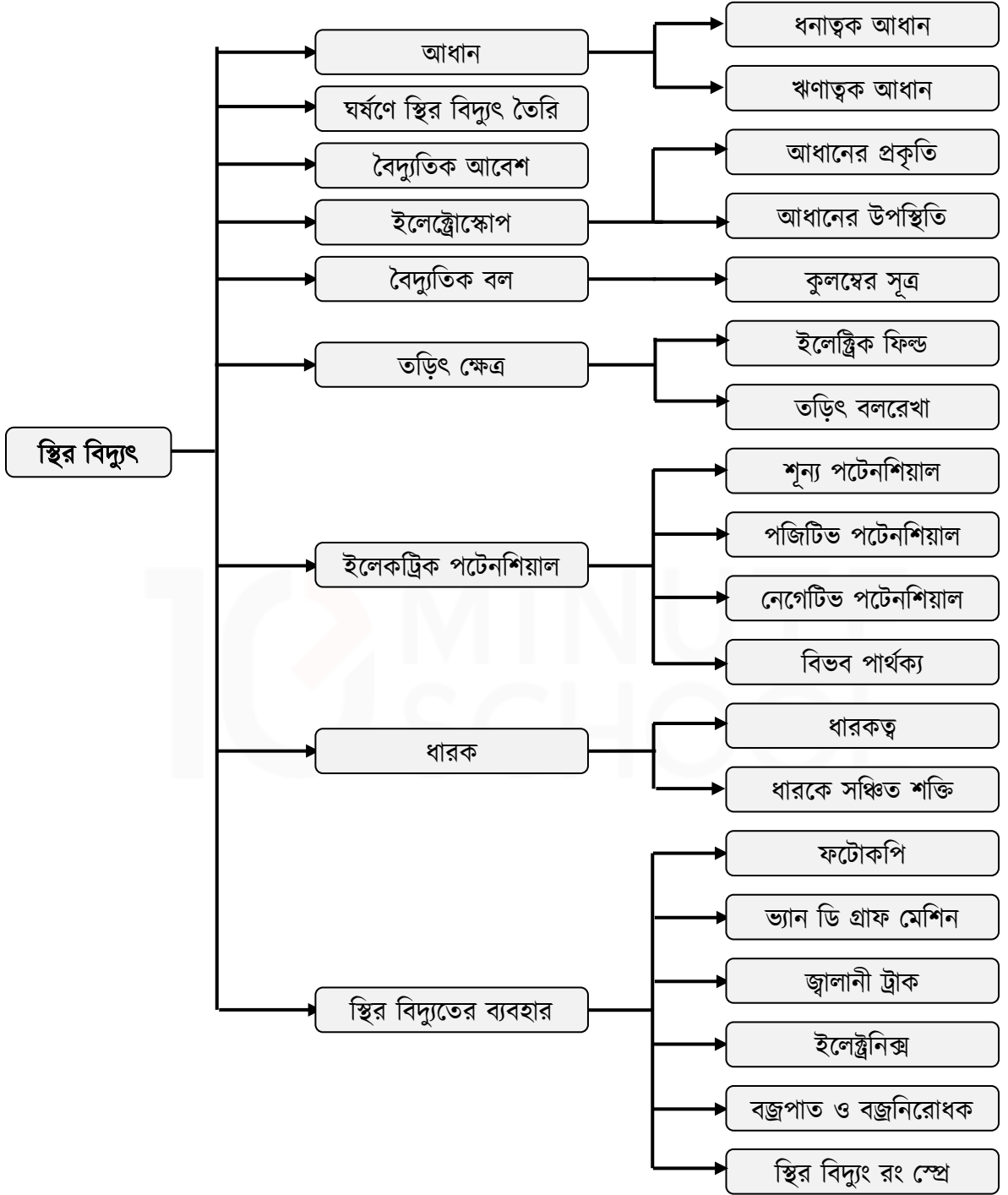
টপিক সংক্রান্ত উদাহরণসমূহ।

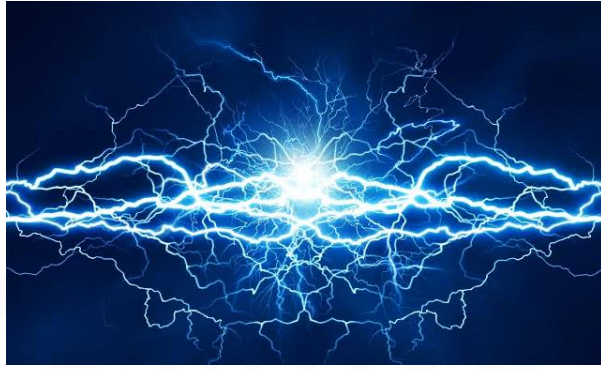
সূত্রের আলোচনা

সূত্রের ব্যাপারে বিস্তারিত জেনে নাও।

টাইপ ভিত্তিক সমস্যাবলী

সম্পূর্ণ অধ্যায়ের সুসজ্জিত আলোচনা।

- **স্থির বিদ্যুৎ**
  - আধান
    - ধনাত্মক আধান
    - ঋণাত্মক আধান
  - ঘর্ষণে স্থির বিদ্যুৎ তৈরি
  - বৈদ্যুতিক আবেশ
  - ইলেক্ট্রোস্কোপ
    - আধানের প্রকৃতি
    - আধানের উপস্থিতি
  - বৈদ্যুতিক বল
    - কুলম্বের সূত্র
  - তড়িৎ ক্ষেত্র
    - ইলেক্ট্রিক ফিল্ড
    - তড়িৎ বলরেখা
  - ইলেকট্রিক পটেনশিয়াল
    - শূন্য পটেনশিয়াল
    - পজিটিভ পটেনশিয়াল
    - নেগেটিভ পটেনশিয়াল
    - বিভব পার্থক্য
  - ধারক
    - ধারকত্ব
    - ধারকে সঞ্চিত শক্তি
  - স্থির বিদ্যুতের ব্যবহার
    - ফটোকপি
    - ভ্যান ডি গ্রাফ মেশিন
    - জ্বালানী ট্রাক
    - ইলেক্ট্রনিক্স
    - বজ্রপাত ও বজ্রনিরোধক
    - স্থির বিদ্যুৎ রং স্প্রে

স্থির বিদ্যুৎ (Static Electricity)

কোনো প্রক্রিয়ায় পরমানুর এক বা একাধিক ইলেকট্রন আলাদা করা গেলে যে বিদ্যুৎ সৃষ্টি হয় তাকে স্থির বিদ্যুৎ বলে। বন্ধুরা, তোমরা জেনে অবাক হবে যে, আমাদের আশেপাশে আমরা নানাভাবে এই স্থির বিদ্যুতের উদাহরণ দেখতে পাই। যেমনঃ ছোটো শিশু কার্পেটে গড়াগড়ি দেয়ার সময় তার সারা গায়ের লোম খাড়া হয়ে যাওয়ার পেছনে এই স্থির বিদ্যুৎ দায়ী। তাছাড়া, চিরুনি দিয়ে চুল আচড়ানোর পর সেই চিরুনিরকে ছোট ছোট কাগজেরর টুকরার কাছে আনা হলে তা চিরুনির দিকে ছুটে যায়। এর জন্যও স্থির বিদ্যুৎ দায়ী। বন্ধুরা, বলে রাখা ভালো এই অধ্যায় পাঠ শেষে আমরা যা যা শিখবো তা হলো:

- আধান বা চার্জের ব্যাপারে বিস্তারিত তথ্য।
- ঘর্ষণ ও আবেশের ফলে স্থির বিদ্যুৎ তৈরি।
- ইলেক্ট্রোস্কোপ সম্পর্কে বিস্তারিত।
- কুলম্বের সূত্রের ব্যাপারে জানবো।
- তড়িৎক্ষেত্র সৃষ্টির কারণ ও তড়িৎ বলরেখা আঁকতে পারবো।
- ইলেক্ট্রিক পটেনশিয়াল, বিভব পার্থক্য ও ধারকত্বের ব্যাপারে বিস্তারিত জানবো।
- থির বিদ্যুতের ব্যবহার সম্পর্কে অবগত হবো।

আধান বা চার্জ (charge)

পদার্থ সৃষ্টিকারী মৌলিক কণাগুলোর মৌলিক ও বৈশিষ্ট্যমূলক Intrinsic ধর্মই হচ্ছে আধান বা চার্জ। এ ধর্মের জন্য পদার্থ তড়িৎচুম্বকীয় ক্ষেত্র দ্বারা প্রভাবিত হয় এবং নিজেও তড়িৎচুম্বকীয় ক্ষেত্র উৎপন্ন করে। কিন্তু বন্ধুরা প্রশ্ন হলো, কোনো পদার্থ আয়নিত হয় কিভাবে?

কোনোভাবে পদার্থের পরমানুর একটি বা দুটি ইলেকট্রন সরিয়ে নিলে তা ধনাত্বক চার্জে চার্জিত হয় এবং কোনোভাবে পরমানুতে একটি বা দুটি ইলেকট্রন যুক্ত হলে তা ধনাত্বক আধানে আহিত হয়। এভাবে, চার্জ বা

আধানের সৃষ্টি হয়।

বিদ্যুৎ সুপরিবাহী

যে পদার্থের মধ্যে তড়িৎ তথা আধান বা ইলেকট্রন খুব সহজে চলাচল করতে পারে, তাকে বিদ্যুৎ সুপরিবাহী বলে। এ ধরনের পদার্থের শেষ কক্ষপথের ইলেকট্রন প্রায় মুক্ত অবস্থায় থাকে অর্থাৎ যোজ্যতার ব্যান্ড পরিবহন ব্যান্ডের সাথে প্রায় মিলে যায় যে কারণে এরকম পদার্থে ইলেকটন খুব সহজে চলাচল করতে পারে। যেমনঃ সোনা, তামা, রূপা।

বিদ্যুৎ অপরিবাহী

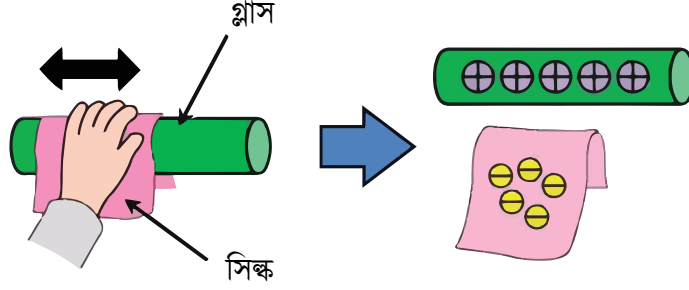
যে পদার্থের মধ্য দিয়ে তড়িৎ তথা আধান বা ইলেকট্রন ছোটাছুটি করতে পারে না তাকে বিদ্যুৎ অপরিবাহী বলে। যেমনঃ কাঠ, প্লাস্টিক, কাচ, রাবার। তোমরা জেনে অবাক হবে যে, কোনো ব্যাক্তি বিদ্যুৎস্পৃষ্ট হলে তাকে আমরা কাঠের জিনিস দিয়ে সরিয়ে থাকি কেননা কাঠ বিদ্যুৎ অপরিবাহী হওয়ার বিদ্যুৎ উদ্ধারকারীর শরীরে পৌছাতে পারে না এবং এই সাথে বিদ্যুৎস্পৃষ্ট ব্যাক্তি বেঁচে যায়।

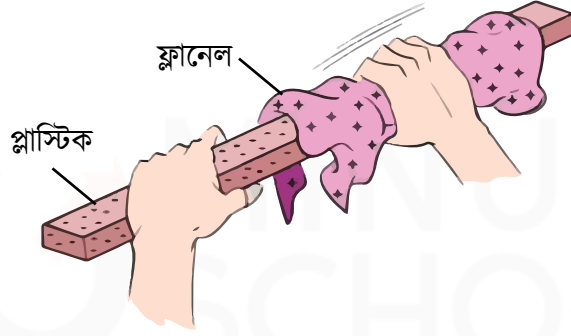
চিত্র: বিদ্যুৎ সুপরিবাহী

চিত্র: বিদ্যুৎ অপরিবাহী

ঘর্ষনে স্থির বিদ্যুৎ তৈরি (Static Electricity due to friction)

তোমরা নিশ্চই অবাক হবে শুনে যে, ঘর্ষনের মাধ্যমে পদার্থের পরমানুর এক-দুইটি ইলেকট্রন পরমানু থেকে আলাদা হয়ে যায় যার ফলে স্থিরবিদ্যুৎ তৈরি হয়। চলো ব্যাপারটা উদাহরণ সহকারে বুঝে নিই।

(i) এক টুকরো কাঁচকে সিল্ক দিয়ে ঘষা হলে কাঁচের চেয়ে সিল্কের ইলেকট্রন আসক্তি বেশি হওয়ায় কাঁচ থেকে ইলেকট্রন সিল্কে চলে যায় যার ফলে সিল্ক ঋণাত্বক আধানযুক্ত ও কাঁচ ধনাত্বক আধানযুক্ত হয়। এভাবেই কাঁচ ও সিল্কে স্থির বিদ্যুৎ তৈরি হয়।

চিত্রঃ কাঁচকে সিল্ক দ্বারা ঘষে স্থির বিদ্যুৎ তৈরি

(i) এক টুকরো প্লাস্টিককে ফ্লানেল বা পশমি কাপড় দিয়ে ঘষা হলে প্লাস্টিকের ইলেকট্রন আসক্তি ফ্লানেল থেকে বেশি হওয়ায় প্লাস্টিক ঋণাত্বক আধানযুক্ত ও ফ্লানেল ধনাত্বক আধানযুক্ত হয়। এভাবে প্লাস্টিক ও পশমি কাপড়ে স্থির বিদ্যুৎ তৈরি হয়।

চিত্রঃ প্লাস্টিককে ফ্লানেল দিয়ে ঘষে স্থির বিদ্যুৎ তৈরি

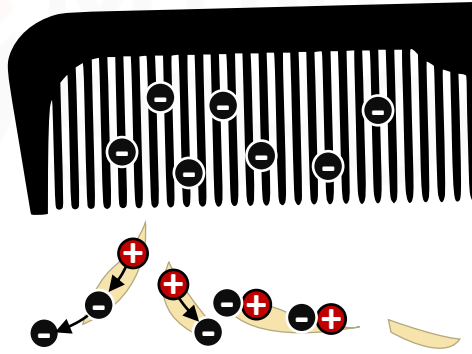
চলো বন্ধুরা, এবার একটা মজার বিষয় জেনে নেয়া যাক। তোমরা হয়তো জানো যে একই চার্জবিশিষ্ট দুটি চার্জ পরস্পরকে বিকর্ষণ করে এবং বিপরীত চার্জ পরস্পরকে আকর্ষন করে। কিন্তু আমাদের প্রমাণ চাই! চলো একটা এক্সপেরিমেন্ট করা যাক।

সিল্কের কাপড় দিয়ে দুটি কাঁচদন্ডকে ঘষে সুতা দিয়ে তা ঝুলালে আমরা দেখতে পাবো যে কাঁচদুটি পরস্পর বিকর্ষণ করে দূরে সরে যাচ্ছে। একই ব্যাপার প্লাস্টিকের ক্ষেত্রেও ঘটবে। আবার একটি সিল্কের কাপড় দিয়ে একটি কাঁচ ও একটি পশম কাপড় দিয়ে একটি প্লাস্টিককে ঘষে উভয়কে ঝুলালে তা পরস্পরকে আকর্ষণ করে কাছে সরে আসবে। কী? ইন্টারেস্টিং না?

বৈদ্যুতিক আবেশ (Electrical Induction)

যে পদ্ধতিতে কোনো চার্জহীন বস্তুর কাছে কোনো চার্জিত বস্তু আনলে চার্জহীন বস্তুর মাঝে চার্জ জন্ম নেয়, তাকে বৈদ্যুতিক আবেশর ক্ষেত্রে বস্তুদ্বয় স্পর্শ করবেনা। চলো বন্ধুরা, ব্যাপারটা এক্সপেরিমেন্টের মাধ্যমে বোঝা যাক।

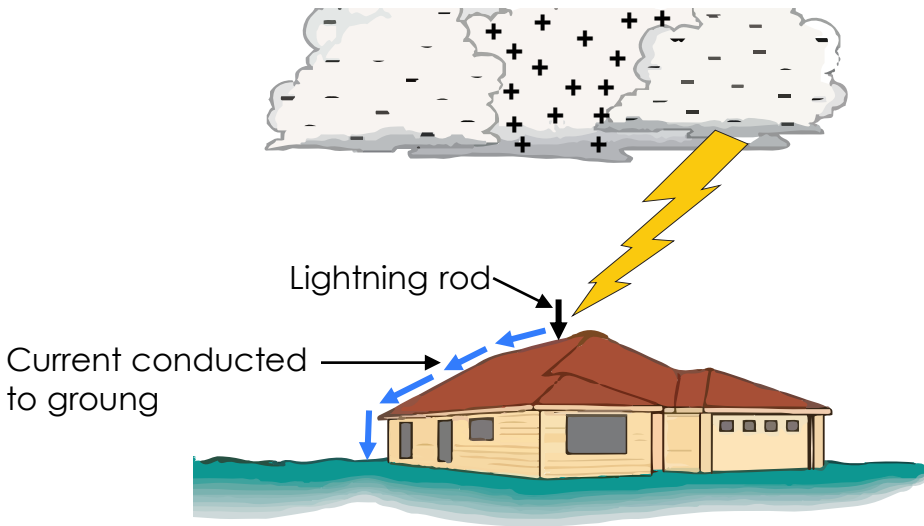
আমরা একটু আগেই জেনেছি যে, দুটি বিপরীত চার্জযুক্ত পদার্থ পরস্পরকে আকর্ষণ করে। তাহলে একটা ঋণাত্বক আধানযুক্ত প্লাস্টিকের চিরুনি কাগজের টুকরোর কাছে আনলে কাগজগুলো চিরুনির গায়ে লেগে যায় কিভাবে?

এর কারণ হলো বৈদ্যুতিক আবেশ। কোনো চিরুনিকে মাথার চুলে ঘর্ষণের ফলে তার মধ্যে ঋণাত্বক আধান তৈরি হয়। এরপর চিরুনিকে কাগজের টুকরার কাছে আনলে কাগজগুলোর এক প্রান্তে ধ্বনাত্বক আধান ও অন্য প্রান্তে ঋণাত্বক আধান সৃষ্টি হয় যা বৈদ্যুতিক আবেশের কারণে ঘটে থাকে। চিরুনির একপ্রান্তের ধ্বনাত্বক চার্জের প্রতি আকর্ষণটুকু কাগজের অপর প্রান্তের ঋণাত্বক আধানের প্রতি বিকর্ষণের চেয়ে বেশি হওয়ায় কাগজগুলো চিরুনির গায়ে লেগে যায়। এভাবে বৈদ্যুতিক আবেশের জন্ম নেয়।

কিন্তু আরেকটা ব্যাপার ঘটে থাকে। চিরুনির গায়ে কাগজগুলো লাগার পর কাগজগুলো আর আবেশিত থাকে না। চিরুনির ঋণাত্বক আধান কাগজে সম্পূর্ণ ছড়িয়ে পড়ে। যার ফলে চিরুনি ও কাগজের পরস্পরের বিকর্ষণের ফলে কাগজগুলো চিরুনি থেকে ছিটকে পড়ে। তবে, চিরুনির গায়ে কাগজগুলো না লাগলে এক প্রান্তে ধ্বনাত্বক আধান ও অপর প্রান্তে ঋণাত্বক আধান বিদ্যমান থাকতো। আশা করি বন্ধুরা, তোমরা বৈদ্যুতিক আধানের ব্যাপারটি বুঝতে পেরেছো।

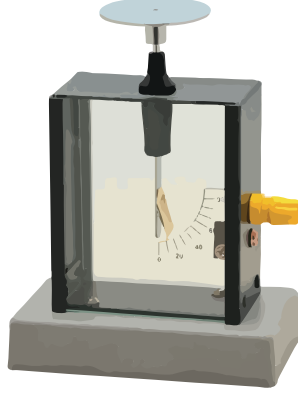
চলো বন্ধুরা, এবার স্থির বিদ্যুতের আরো চমৎকার দুটি উদাহরণ সম্পর্কে জানা যাক।

(i) তোমরা প্রায়ই দেখে থাকবে যে, একটি শিশু কার্পেটের উপর হামাগুড়ি দিয়ে চলার সময় তার গায়ের চুল

খাড়া হয়ে যায়। কিন্তু বন্ধুরা, তোমরা কি ভেবে দেখেছো এর পেছনে কারণটা কী? আসলে ছোট শিশু হামাগুড়ি দিয়ে চলার সময় কার্পেটের সাথে তার পায়ের ঘর্ষণের ফলে স্থির বিদ্যুৎ অর্থাৎ চার্জ তৈরি হয় যা তার সারা গায়ে ছড়িয়ে পড়ে। তখন গায়ের লোম বা চুলগুলো একই আধানে আহিত হওয়ায় তারা পরস্পরকে বিকর্ষণ করে যার ফলে খাড়া হয়ে যায়।

(ii) তোমরা জেনে অবাক হবে যে, বজ্রপাতের পেছনেও স্থির তড়িতের অবদান বিদ্যমান। মেঘের সাথে মেঘের ঘর্ষণের কারণে মেঘে বিপুল পরিমাণ চার্জ তৈরি হয় এবং মেঘের এক প্রান্তে ধ্বনাত্বক ও অন্যপ্রান্তে ঋণাত্বক চার্জ হয়ে চার্জ আলাদা হয়ে যায়। অর্থাৎ মেঘে দুই মেরুর সৃষ্টি হয়। ফলে মেঘের নিচে বা ভূমিতে বৈদ্যুতিক আবেশের কারণে চার্জের সৃষ্টি হয়। সেই চার্জ মেঘের এক প্রান্তের চার্জকে আকর্ষণ করে। মাঝে মাঝে আকর্ষণটা এতো বেশি হয় যে মেঘের এক প্রান্তের চার্জ যা ভূমিতে বা নিচে সৃষ্ট চার্জের প্রতি আকর্ষিত হয়ে বাতাস ভেদ করে নিচের চার্জের সাথে যুক্ত হয়ে যা আমরা বজ্রপাত হিসেবে দেখি। আশা করি বন্ধুরা, বুঝতে পেরেছো।

চিত্রঃ স্থির বিদ্যুতের কারণে বজ্রপাত সৃষ্টি

ইলেকট্রোস্কোপ (Electroscope)

যে যন্ত্রের সাহায্যে আধানের অস্তিত্ব ও প্রকৃতি নির্ণয় করা যায় তাকে ইলেক্ট্রোস্কোপ বলে।

চিত্রঃ ইলেকট্রোস্কোপ

স্থির বিদ্যুৎ পরীক্ষণের জন্য এই যন্ত্র ব্যবহৃত হয়। একটি ইলেক্ট্রোস্কোপে একটি ধাতব দন্ডের সাথে দুটি খুব হালকা সোনা বা অ্যালুমিনিয়াম বা অন্য কোনো ধাতব পাত যুক্ত থাকে। পুরো বস্তুটি একটি অপরিবাহী ছিপি দিয়ে কাঁচের বোতলের ভেতর রাখা হয় যেন বাইরের বাতাস ভেতরে প্রবেশ না করতে পারে।

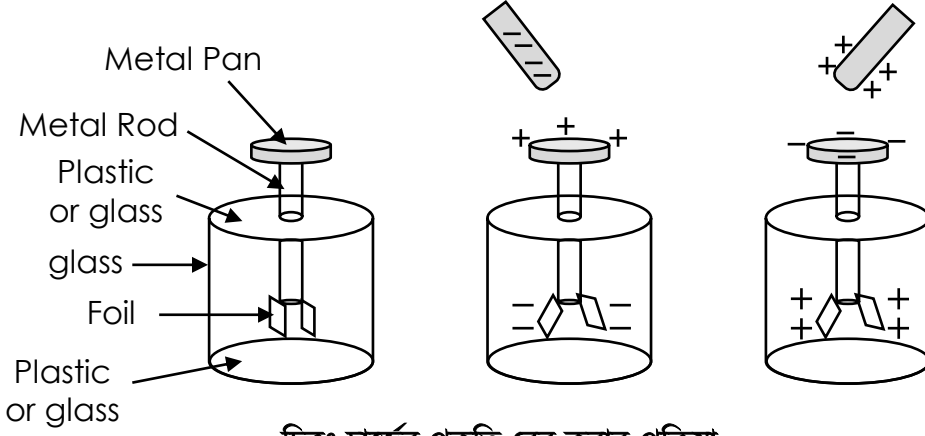
চার্জ আহিতকরণ

একটা প্লাস্টিককে ফ্লানেল দিয়ে ঘষে তা ঋণাত্বক আধানে আহিত হয়। কিন্তু মজার বিষয় হলো এই আহিত বস্তু দিয়ে তোমরা ইলেকট্রোস্কোপের পাতগুলোর মাঝেও চার্জ তৈরি করতে পারবে। উক্ত প্লাস্টিককে ইলেকট্রোস্কোপের ধাতব চাকতির গায়ে লাগানোর ফলে চার্জটুকু চাকতির মধ্যে ছড়িয়ে পড়বে। চাকতিটায় ধাতব দন্ডের মাধ্যমে সোনার পাত দুটি যুক্ত থাকায় সেই ঋণাত্বক আধান পাতদুটির মাঝেও ছড়িয়ে পড়বে। এর ফলে পাতদুটি একই চার্জ থাকায় এরা পরস্পরকে বিকর্ষণ করে দূরে সরে যাবে।

চার্জের প্রকৃতি বের করা

কোনো বস্তুতে চার্জ আছে কি নেই তা কীভাবে বুঝবো? ধরি, পূর্বে প্লাস্টিককে ফ্লানেল কাপড় দিয়ে ঘষে চাকতির গায়ে স্পর্শ করায় প্লাস্টিকের ঋণাত্বক চার্জ পাতদ্বয়ের মাঝে ছড়িয়ে পড়বে ও পাতদ্বয় পরস্পর বিকর্ষণ করে দূরে সরে যাবে।

(i) এখন, একটা চার্জিত বস্তু এনে চাকতির গায়ে স্পর্শ করালে যদি পাতদ্বয়ের মধ্যে দূরত্ব বেড়ে যায় তাহলে বুঝতে হবে বস্তুটি ঋণাত্বক চার্জে আহিত। কেননা, পূর্বে সোনার পাতদ্বয়ের মধ্যে ধ্বনাত্বক চার্জ থাকায় তারা

পরস্পরকে বিকর্ষণের মাধ্যমে দূরে সরে গিয়েছিল। এখন চার্জিত বস্তুর ঋণাত্বক চার্জ পাতদ্বয়ের মধ্যে ছড়িয়ে যাওয়ায় পাতদ্বয়ের মাঝে বিকর্ষণ আরো বেশি হবে ও পাতদ্বয়ের মাঝে দূরত্ব আরো বেড়ে যাবে।

চিত্রঃ চার্জের প্রকৃতি বের করার প্রক্রিয়া

(ii) আবার চার্জিত বস্তু চাকতি স্পর্শ করার ফলে যদি সোনার পাতদ্বয়ের দূরত্ব কমে যায় তাহলে বুঝতে হবে বস্তুটি ধনাত্বক আধানে আহিত। কেননা, বস্তুটি ধ্বনাত্বক আধানে আহিত হওয়ার কারণেই পাতদ্বয়ের মাঝে পূর্বের বিকর্ষণ বল কমে যায় এবং পাতদ্বয় খানিকটা কাছে চলে আসে।

চার্জের আবেশ (Inducttion of Charges)

তোমরা শুনে অবাক হবে যে, কোনো বস্তুতে চার্জ আছে কিনা সেটা স্পর্শ না করেই বোঝা যায়। তা সম্ভব হয়েছে বৈদ্যুতিক আবেশের কারণে।

ধরো, কোনো ধ্বনাত্বক আধানে আহিত বস্তু ইলেকট্রোস্কোপের চাকতির কাছে আনলে চাকতির মাঝে ঋণাত্বক চার্জ আবেশ হবে। যার জন্য যন্ত্রটির অন্যান্য অংশ থেকে ধ্বনাত্বক চার্জ চলে আসবে। এতে করে, সোনার পাতদ্বয়ের মাঝে ঋণাত্বক আধান সৃষ্টি হবে ও এরা বিকর্ষণ করে দূরে সরে যাবে।

চিত্রঃ বৈদ্যুতিক আবেশের মাধ্যমে চার্জের সৃষ্ট

বৈদ্যুতিক বল (Electronic Force)

তোমরা সবাই জানো যে, একই ধরণের চার্জ পরস্পরকে বিকর্ষণ ও বিপরীত চার্জ পরস্পরে আকর্ষণ করে। কিন্তু এই আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বলের মান বের করার জন্য বিজ্ঞানী কুলম্ব একটি সূত্র আবিষ্কার করেন যা হলো বৈদ্যুতিক বলের সূত্র। সুত্রটি হলো:

দুটি বিন্দু আধানের মধ্যে আকর্ষন বা বিকর্ষন বলের মান আধানদ্বয়ের গুণফলের সমানুপাতিক ও দূরত্বের বর্গের ব্যাস্তানুপাতিক।

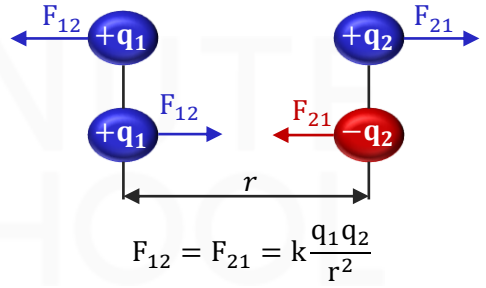
$$F = K\frac{q_1 \times q_2}{r^2}$$

এখানে দুটি $+1\,C$ চার্জের বস্তু $1\,m$ দূরত্বে রাখলে তারা পরস্পরকে $9 \times 10^9\,Nm^2C^{-2}$ বলে বিকর্ষণ করবে।

এখানে,

K হলো ধ্রুবক $= 9 \times 10^9\,Nm^2C^{-2}$

e^{-1}এর চার্জ $= -1.6 \times 10^{-19}\,C$

প্রোটনের চার্জ $= +1.6 \times 10^{-19}\,C$

চিত্রঃ বৈদ্যুতিক বল

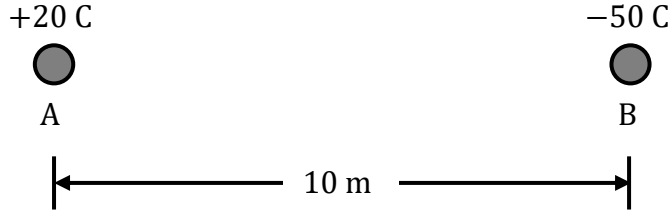
রাশি	একক
F	N
K	Nm^2C^{-2}
r	m
q_1 / q_2	C

এক কুলম্ব

এক সেকেণ্ডব্যাপী এক অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহ করা হলে যে পরিমাণ চার্জ প্রবাহিত হয়, সেটা হচ্ছে এক কুলম্ব (C)।

- Q_1 এবং Q_2 পজিটিভ বা নেগেটিভ হলে F পজিটিভ হয়। এবং এরা পরস্পরকে বিকর্ষণ করে।
- Q_1 এবং Q_2 বিপরীত চার্জ বিশিষ্ট হলে F নেগেটিভ হয়। এবং চার্জদ্বয় পরস্পরকে আকর্ষণ করে। (বলে রাখা ভালো। বৈদ্যুতিক বলের সূত্রে চার্জের সাইন অর্থাৎ নেগেটিভ/পজিটিভ সাইন দিতে হবেনা।)

টাইপ ভিত্তিক সমস্যাবলী

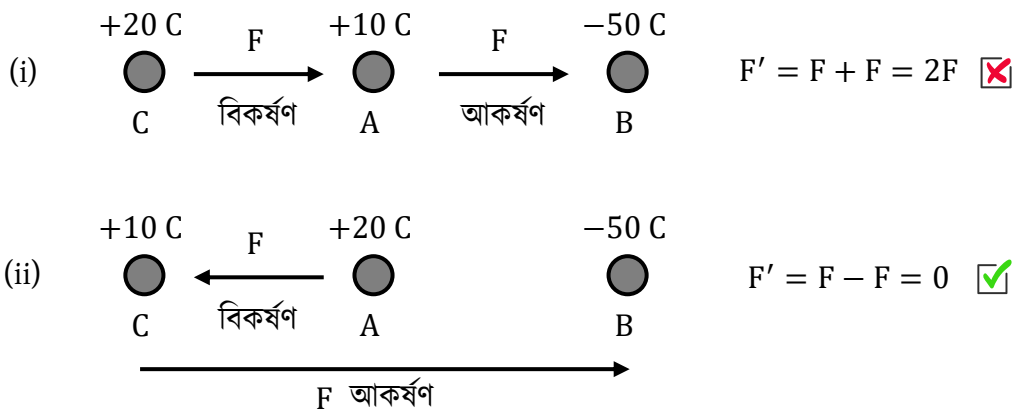
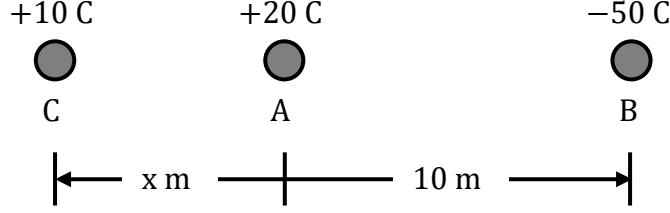
চলো বন্ধুরা এই বৈদ্যুতিক বলের সূত্রকে একটি গাণিতিক প্রশ্নে প্রয়োগ করা যাক।

১। A ও B চার্জদ্বয়ের মাঝে কোথায় +10 C কে রাখলে এর উপর ক্রিয়াশীল বলের মান শূন্য হবে?

উত্তরমালা

যেহেতু , A ও B চার্জদ্বয় বিপরীতধর্মী । তাই A ও B এর মধ্যবর্তী কোনো জায়গায় চার্জ রাখলে তার উপর A ও B এর প্রযুক্ত বল সমান হলেও নীট বল শূন্য হবে না , দ্বিগুণ হবে। তাই বলের দিক -50 C এর দিকে অর্থাৎ ডান দিকে হবে। তাই আমাদেরকে +10 C , A ও B এর মধ্যবর্তী কোনো জায়গায় না রেখে A ও B এর বাইরে রাখতে হবে।

(বোঝার জন্য, উত্তরে লিখবে না !)

(i) +20 C (C) —F, বিকর্ষণ→ +10 C (A) —F, আকর্ষণ→ −50 C (B) $F' = F + F = 2F$ ✗

(ii) +10 C (C) ←F, বিকর্ষণ— +20 C (A)   −50 C (B); F আকর্ষণ → $F' = F - F = 0$ ✓

ধরি, A থেকে xm দূরে রাখলে এর উপর ক্রিয়াশীল বলের মান শূন্য হবে।

প্রশ্নমতে,

$F_{AC} = F_{CB}$

$\Rightarrow K\dfrac{10 \times 20}{x^2} = K\dfrac{10 \times 50}{(10+x)^2}$

$\Rightarrow \dfrac{2}{x^2} = \dfrac{5}{100 + x^2 + 20x}$

$\Rightarrow 200 + 2x^2 + 40.x = 5x^2$

$\Rightarrow 3x^2 - 40x - 200 = 0$

$\therefore x_1 = 17.02 \quad , \qquad x_2 = -3.87$

x ঋণাত্বক হলে A থেকে ডানদিকে $3.87\,m$ অর্থাৎ A ও B এর মধ্যে কোনো মধ্যে কোনো বিন্দু বোঝায়। এক্ষেত্রে $F_{AC} = F_{CB}$ হলেও নীট বল $2F$ হবে।

$\therefore x = 17.02$

$\therefore A$ থেকে বাম দিকে 17.02 দূরে +10 C কে রাখলে এর উপর ক্রিয়াশীল বলের মান শূন্য হবে।

❑ কোনো চার্জ থেকে অসীম দূরত্বে কোনো চার্জ রাখলে চার্জদ্বয়ের মধ্যবর্তী আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বল

$$F = K\frac{q_1 \times q_2}{(\infty)^2}$$

$$F = 0$$

তড়িৎ ক্ষেত্র (Electric Field)

একটি নির্দিষ্ট আধানের চারপাশে যে অঞ্চল জুড়ে তার প্রভাব বিদ্যমান থাকে,তাকে আধানটির তড়িৎ ক্ষেত্র বলে। এবং কোনো চার্জের কারণে সৃষ্ট তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে একক ধ্বনাত্মক চার্জ আনলে তা যে বল অনুভব করবে, তাকে তড়িৎ প্রাবল্য বলে। তড়িৎ ক্ষেত্রের প্রতিটি বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্যের মান ভিন্ন।

❑ কোনো একক ধ্বনাত্বক চার্জের ত্বড়িৎ প্রাবল্য

$E = \frac{F}{q}$

[$+q$ চার্জে অনুভূত বল F

$\therefore +1\,C$ চার্জে অনুভূত বল $\frac{F}{q}$]

$\Rightarrow F = Eq$

আবার,

$E = \frac{F}{q}$

$\left[\because \; F = K\frac{q_1 \times q_2}{r^2}\right]$

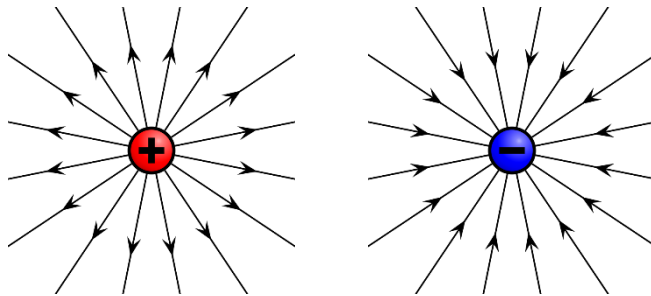
$E = K\,\frac{Q \times q}{r^2} \times \frac{1}{q}$

$E = \frac{KQ}{r^2}$

এক্ষেত্রে Q দ্বারা তড়িৎ ক্ষেত্রটি যে চার্জ দ্বারা সৃষ্ট এবং q দ্বারা তড়িৎক্ষেত্রে যে চার্জ আনা হয়েছে সেই চার্জকে নির্দেশ করা হয়েছে।

(এই সূত্রে +/- উল্লেখ করতে হবে না কেননা চিহ্ন পরিবর্তনে তড়িৎ প্রাবল্যতার মান কখনো পরিবর্তন হয় না)

কোনো চার্জের তড়িৎ ক্ষেত্রে কোনো একক ধনাত্মক চার্জ স্থাপন করলে চার্জটি যে পথে পরিভ্রমণ করে তা রেখা দিয়ে প্রকাশ করলে, তাকে তড়িৎ বলরেখা (Electric line of Force) বলে।

- মাইকেল ফ্যারাডে প্রথম সেটা করেছিলেন।

চিত্রঃ তড়িৎ বলরেখা

আমাদের পরিচিত জগৎ ত্রিমাত্রিক হওয়ায় বলরেখা গুলো চারদিকে ছড়িয়ে পড়ে। তবে দেখানো ও পঠনের সুবিধার্থে আমরা সমতলে আকব। চলো বন্ধুরা, বলরেখা আঁকার নিয়মগুলো জেনে নেই,

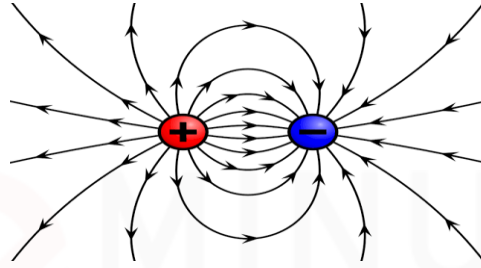
যেমন :

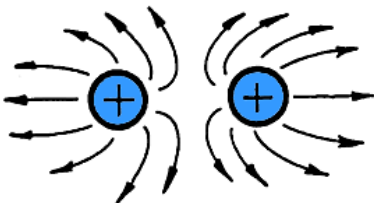
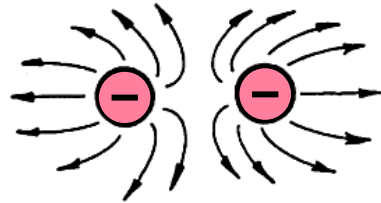
১। পজিটিভ চার্জের বলরেখাগুলো চার্জ থেকে বের হয়ও নেগেটিভ চার্জের বলরেখা গুলো চার্জএ এসে কেন্দ্রীভূত হয়।

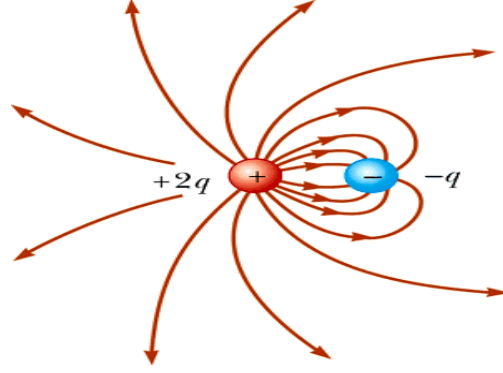
২। চার্জের পরিমাণ বেশি হলে বলরেখার সংখ্যা বেশি হবে।

৩। বলরেখা গুলো যত কাছে হবে তড়িৎ ক্ষেত্র ততো বেশি হবে।

৪। একটি চার্জের বলরেখা কখনো অপর চার্জের বলরেখার উপর দিয়ে যায় না।

৫। দুটি বিপরীত চার্জের বেলায় বলরেখাগুলো একটি থেকে অপরটিতে প্রবেশ করছে বলে মনে হয়।

দেখে মনে হয়, রেখাগুলো ধনাত্মক চার্জ থেকে বের হয়ে ঋণাত্মক চার্জে কেন্দ্রিভূত হয়েছে।

৬। দুটি একই ধরণের চার্জের বেলায় একটি আরেকটিকে ঠেলে দিচ্ছে বলে মনে হয়। এবং দুটি চার্জের মাঝামাঝি অংশে একটি আরেকটিকে কাটাকাটি করে ফেলে যার কারণে সেখানে বলরেখাগুলো কম হয়। এবং মাঝখানে একটি বিন্দু থেকে যেখানে তড়িৎ ক্ষেত্রের মান শূন্য, এই বিন্দুকে নিরপেক্ষ বিন্দু বা নিস্পন্দ বিন্দু বলে। এই বিন্দুতে কোনো চার্জ রেখে দিতে পারলে তার উপর কোনো বল প্রয়োগ করে না। (চার্জদ্বয়ের মান ভিন্ন হলে নিস্পন্দ বিন্দু সরে যাবে)

চিত্রঃ দুটি পজেটিভ চার্জের বলরেখা

চিত্রঃ দুটি নেগেটিভ চার্জের বলরেখা

- চার্জ এবং তার দ্বিগুণ পরিমাণ চার্জের জন্য ইলেক্ট্রিক ফিল্ডের চিত্র:

তড়িৎ বিভব (Electric Potential)

কোনো চার্জের তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে অসীম দূরত্ব থেকে কোনো একক ধ্বনাত্মক চার্জ আনতে যে পরিমাণ কাজ করতে হয়, তাকে ইলেক্টিক পটেনশিয়াল বলে।

$+q$ চার্জ আনতে কাজ করতে হয় $=W$ জুল

$+1$ চার্জ আনতে কাজ করতে হয় $=W/q$ জুল

$$\therefore\ V = \frac{W}{q}$$

তবে অসীম থেকে নেগেটিভ চার্জ আনলেও সূত্র একই হয়। তবে এই ক্ষেত্রে ব্যাপারটা ভিন্ন। কেননা, চার্জটি ছেড়ে দিলে গোলকটি চার্জের আকর্ষণে গোলকের দিকে ছুটতে থাকবে। তাই কোনোরকম ত্বরণ ছাড়া অর্থাৎ কোনো বাড়তি গতিশক্তি না দিয়ে ধীরে ধীরে আনতে গেলে সারাক্ষণ চার্জটির আকর্ষণ বলটাকে সামলানোর জন্য একটা বল দিয়ে কাছে আনতে হবে। তবে এই ক্ষেত্রে বল যেদিকে দিচ্ছি চার্জটা ঠিক তার বিপরীত দিকে কাজ করছে। তাই এখানে ঋণাত্মক কাজ সংগঠিত হচ্ছে। তাই বিভবটা ঋণাত্মক বা নেগেটিভ। কিন্তু সূত্র একই থাকবে।

$$\therefore\ V = \frac{W}{q}$$

(তাই এই সূত্রে +/- চিহ্ন উল্লেখ করতে হবে)

আবার,

একটা ধাতব গোলোকের C ও এর উপর Q চার্জ দেয়া হলে,

পটেনশিয়াল $V = \frac{Q}{C}$

আবার, উক্ত গোলোকের ব্যাসার্ধ r হওয়ায়-

$C = \frac{r}{k}$

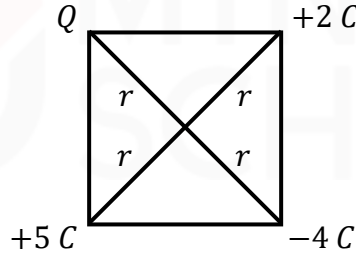
$\therefore V = \frac{Q}{\frac{r}{k}}$

বা, $V = k\,\frac{Q}{r}$

এখানে, $K = 9 \times 10^9\, Nm^2/C^2$

যেহেতু বিভব ব্যাসার্ধের ব্যাস্তানুপাতিক, সুতরাং যে গোলকের ব্যাসার্ধ বেশি তার বিভব কম। আবার, ব্যাসার্ধ কম হলে বিভব বেশি। তাই যদি Q পরিমাণ চার্জ দুটি ভিন্ন ব্যাসার্ধের দুটি গোলক জুড়ে দেয়া হয়, তখন ছোট গোলক থেকে বিভব কম গোলকের দিকে যায় যতক্ষণ না উভয়ের বিভব সমান হয়। কেননা কম ব্যাসার্ধবিশিষ্ট গোলকের বিভব বেশি। তাই বিভব উচ্চ বিভববিশিষ্ট গোলক থেকে কম বিভববিশিষ্ট গোলকের দিকে যেতে থাকে।

টাইপ ভিত্তিক সমস্যাবলী

চল বন্ধুরা ব্যাপারটা বোঝার সুবিধার্থে একটা গাণিতিক প্রশ্ন সমাধান করা যাক।

***Q* এর মান কত হলে কেন্দ্রে বিভব শূন্য হবে ?**

উত্তরমালা

এখানে,

$+2C$ এর জন্য কেন্দ্রে বিভব $V_2 = \frac{K}{r} \times (+2)$

$-4C$ এর জন্য কেন্দ্রে বিভব $V_4 = \frac{K}{r} \times (-4)$

$+5C$ এর জন্য কেন্দ্রে বিভব $V_5 = \frac{K}{r} \times (+5)$

Q এর জন্য কেন্দ্রে বিভব $V_Q = \frac{K}{r} \times Q$

$\therefore$ কেন্দ্রে মোট বিভব $= \frac{K}{r}(2 - 4 + 5 + Q)$

প্রশ্নমতে, কেন্দ্রে বিভব শূন্য।

$(3 + Q) = 0$

$Q = -3$

$\therefore Q$ এর মান -3 C হলে কেন্দ্রে বিভব শূন্য হবে।

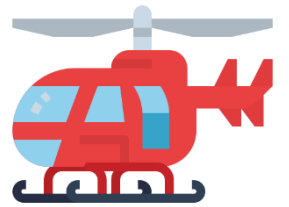
বিভব পার্থক্য (Potential difference)

প্রতি একক ধ্বনাত্মক আধানকে তড়িৎক্ষেত্রের এক বিন্দু থেকে অন্য বিন্দুতে স্থানান্তর করতে সম্পন্ন কাজের পরিমাণকে এই দুই বিন্দুর বিভব পার্থক্য বলে।

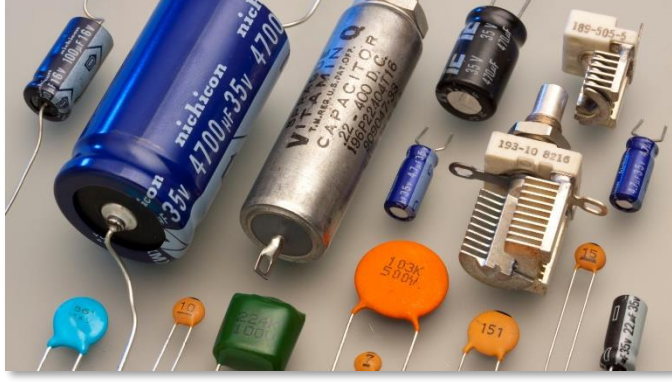
তোমরা শুনে অবাক হবে যে, বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয় বিভব পার্থক্যের জন্য, বিভবের মানের জন্য নয়। অর্থাৎ দুটি ভিন্ন বিভববিশিষ্ট দুটি গোলক জুড়ে দিলে চার্জ (ধ্বনাত্মক চার্জ) উচ্চ বিভব থেকে নিম্ন বিভবের দিকে যায়। অর্থাৎ নিম্ন বিভববিশিষ্ট গোলোক থেকে ইলেকট্রন উচ্চ বিভববিশিষ্ট গোলকের দিকে যায়, যার ফলে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয়। তবে, গোলকদ্বয়ের বিভব সমান হলে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয় না। কেননা, বিভব পার্থক্য থাকে না।

যেমন:

(i) একটা কাকের বিভব একটা উচ্চ বিভববিশিষ্ট তারের সমান হওয়ায় কাকটি তারে বসে কোনো শক খায়না। কেননা তাদের মধ্যে কোনো বিভব পার্থক্য না থাকায় বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয় না। এজন্য কাকটি শক খায়না।

(ii) মজার ব্যাপার হলো , দশ হাজার বা বিশ হাজার ভোল্টেজে কর্মীরা হেলিকপ্টারে খালি হাতে কাজ করে ও শক খায় না। কেননা শুন্যে থাকায় হাইভোল্টেজের তার স্পর্শের ফলে কর্মীর শরীরো হাইভোল্টেজ হয়ে যায় । তাই কোনো বিভব পার্থক্য না থাকায় কর্মীরা বিদ্যুতস্পৃষ্ট হয় না।

তোমরা শুনে অবাক হবে যে, পৃথিবীটা এত বিশাল যে এর মাঝে খানিকটা চার্জ দিলেও সেটা গ্রহণ করতে পারে তার জন্য তার বিভব বেড়ে যায় না ,আবার খানিকটা চার্জ নিয়ে গেলেও তার বিভব কমে যায় না। তাই সেটাকে শুন্য বিভব ধরে সবকিছু তার সাপেক্ষে মাপা হয়। তোমরা নিশ্চই লক্ষ করে থাকবে ভারী বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি সব সময় খুব ভালো করে ভূমির সাথে লাগানো (Earthing) হয়। যার অর্থ কোনো দুর্ঘটনায় হঠাৎ করে কোনো কারণে যদি প্রচুর চার্জ চলে আসে তাহলে সেটা যেন দ্রুত এবং নিরাপদে পৃথিবীর মাটিতে চলে যেতে পারে, যারা আসেপাশে আছে তাদের যেন কোনো ক্ষতি না হয়।

ধারক (Capacitor)

কাছাকাছি স্থাপিত দুটি পরিবাহকের মধ্যবর্তী স্থানে অপরিবাহী পদার্থ রেখে চার্জ জমিয়ে শক্তি সঞ্চয় করে রাখার যান্ত্রিক কৌশলকে ধারক বলে।

চিত্রঃ ধারক (Capacitor)

(i) $V = \frac{Q}{C}$

$\Rightarrow C = \frac{Q}{V}$

(ii) $C = \frac{r}{K}$

$V =$ বিভব

$Q =$ চার্জ

$r =$ গোলকের ব্যাসার্ধ

ধারকত্বের একক $\boldsymbol{F}$ (ফ্যারাডে)।

ধারকত্ব মূলত হলো চার্জ জমা রাখার একটা কৌশল। আমরা মূলত চার্জের প্রবাহকে নিয়ন্ত্রণ করার জন্য এটি ব্যাবহার করে থাকি।

- কোনো বস্তুর ধারকত্ব বেশি হলে ,অনেক চার্জ দেওয়া হলেও বিভব বাড়ে না । কেননা বিভব ধারকত্বের ব্যস্তানুপাতিক। কিন্তু বন্ধুরা, প্রশ্ন হলো এই ধারক চার্জ জমা রাখে কীভাবে?
- আসলে, ধারকে দুটি ধাতব পাতের সাথে ব্যাটারি যুক্ত থাকে। ব্যাটারি থেকে প্রথমে e^- বাম পাতে এসে জমা হয় এবং পাত দুটির মাঝে অপরিবাহী পদার্থ থাকায় বাম পাত থেকে e^- ডান পাতে যেতে পারে না।
- বামপাতের e^- ডানপাতের e^- কে বিকর্ষণ করায় ডানপাতের e^- নিচে চলে আসে। এতে ডান পাতে e^- এর অভাব অর্থাৎ পজিটিভ চার্জের সৃষ্টি হয়। অবাক করার বিষয় হলো বাম পাতে যতগুলো নেগেটিভ চার্জ থাকে, ডানপাতে ঠিক ততগুলো পজিটিভ চার্জ থাকে ।
- এভাবে পাতদুটির মাঝে ইলেকট্রিক ফিল্ড তৈরি হয় যার মধ্যে শক্তি সঞ্চিত থাকে। এই শক্তি যা আমরা

প্রয়োজনমত ব্যাবহার করি তার পরিমাণ :

(i) $W = \frac{1}{2} C V^2$

(ii) $W = \frac{1}{2} \times C \times V^2$

$= \frac{1}{2} \times \frac{Q}{V} \times V^2$

$= \frac{1}{2} QV$

(iii) $W = \frac{1}{2} CV^2$

$$= \frac{1}{2} \times C \times \left(\frac{Q}{C}\right)^2$$

$$= \frac{1}{2} \times \frac{Q^2}{C}$$

$V =$ বিভব

$Q =$ চার্জ

$W =$ শক্তি

$C =$ ধারকত্ব

চলো বন্ধুরা,এবার ধারকত্ব নিয়ে একটি প্রশ্ন সমাধান করা যাক ।

টাইপ ভিত্তিক সমস্যাবলী

2 mF এর ধারকে 10 C চার্জ জমা রাখা হলে এর ভেতর সঞ্চিত শক্তির পরিমাণ কতো?

উত্তরমালা

দেওয়া আছে,

ধারকত্ব $C = 2\,mF = \frac{2}{1000} F = 2 \times 10^{-3} F$

চার্জ $Q = 10\,C$

আমরা জানি,

শক্তি $W = \frac{1}{2} C V^2$

$$= \frac{1}{2} \times C \times \left(\frac{Q}{C}\right)^2$$

$$= \frac{1}{2} \times \frac{Q^2}{C}$$

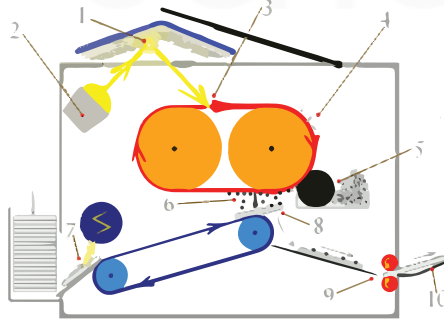
$$= \frac{1}{2} \times \frac{20^2}{2 \times 10^{-3}}$$

$$= 2.5 \times 10^4 \, J \text{ } (\textbf{Ans})$$

স্থির বিদ্যুতের ব্যবহার (Uses of Static Electricity)

বন্ধুরা, এতক্ষন আমরা যা পড়লাম তা মুভির ট্রেইলার ছিলো মাত্র, স্থির বিদ্যুতের ব্যবহার গুলো শুনলে তোমরা আরো অবাক হয়ে যাবে।

1. ফটোকপি

এখানে, কাগজের লেখার ওপর আলো ফেলে তার একটি প্রতিচ্ছবি একটি বিশেষ ধরণের রোলারে ফেলা হয় এবং সেই রোলারে কাগজের লেখাটির মতো করে স্থির চার্জ তৈরি করা হয়। তারপর এই রোলারটিকে পাউডারের মতো সুক্ষ্ম কালির সংস্পর্শে আনা হলে যেখানে চার্জ জমা হয়েছে সেখানে কালো কালি লেগে যায়। তারপর নতুন একটি সাদা কাগজের ওপর ছাপ দিয়ে এই কালিটি বসিয়ে দেয়া হয়। কালিটি যেন লেপ্টে না যায় সেজন্য তাপ দিয়ে কালিটিকে আরো ভালো করে কাগজে যুক্ত করে প্রক্রিয়াটি শেষ করা হয়।

চিত্র: ফটোকপি মেশিন

2. বজ্রপাত ও বজ্রনিরোধক

তোমরা শুনে অবাক হবে যে, মেঘের মাঝে অনেক চার্জ জমা হলে তা স্বাভাবিক অবস্থায় ফিরে আসার জন্য মেঘের ভিতর বড় স্পার্ক হয়, যাকে বিজলি বলে। বৈদ্যুতিক আবেশ গঠনের সময় আমরা বজ্রপাতের সাথেও পরিচিত হয়েছি যার ফলে মেঘ থেকে ভূমিতে লক্ষ অ্যাম্পিয়ারের মতো বিদ্যুৎ প্রবাহিত হতে পারে যার কারণে বাতাসের তাপমাত্রা ২০-৩০ হাজার ডিগ্রি সেলসিয়াস পর্যন্ত উত্তপ্ত হয়ে যায় যা সূর্যের পৃষ্ঠের তাপমাত্রা চেয়েও

বেশি। এই তাপমাত্রার কারণে আমরা নীলাভ সাদা আলোর একটা ঝলকানি দেখতে পাই। তাপমাত্রার কারণে আরো একটা ব্যাপার ঘটে, বাতাসটুকু উত্তপ্ত হয়ে ফুলে ফেপে উঠে বাইরের দিকে ছড়িয়ে পড়ে এবং পরের মুহূর্তে বাইরের বাতাস এসে সেই শূন্যস্থান পূরণ করে। পুরো বিষয়টি ঘটে শব্দের গতির চাইতেও তাড়াতাড়ি এবং একটি গগণবিদারী শব্দ হয়। বাতাসের গতি শব্দের চাইতে দ্রুত হলে তাকে শকওয়েভ বলে এবং বজ্রপাতের শব্দ একধরণের শকওয়েভ। আলোর ঝলকানি এবং শব্দ একই সাথে তৈরি হলেও আমরা আলোটিকে প্রথমে দেখি আলোর গতিবেগ এতো বেশি যে সেটা প্রায় সাথে সাথে পৌঁছে যায়। শব্দের গতি $300\, ms^{-1}$ এর মতো অর্থাৎ এক কিলোমিটার যেতে প্রায় $3\, s$ সময় নেয়। কাজেই আলোর কত সেকেন্ড পর শব্দটা শোনা গেছে সেখান থেকে আমরা বজ্রপাতটা কত দূরে হয়েছে সেটা অনুমান করতে পারি। আনুমানিকভাবে প্রতি তিন সেকেন্ডের জন্য এক কিলোমিটার। তোমরা শুনে চমকে যাবে যে, বজ্রপাত থেকে কত বড় দুর্ঘটনা হতে পারে। বজ্রপাত থেকে বিল্ডিংগুলোতে আগুন পর্যন্ত লেগে যেতে পারে। তাই এ থেকে পরিত্রান পাবার উপায় –

বজ্রপাতের সময় যেহেতু আকাশের মেঘ থেকে বিদ্যুতের প্রবাহ নিচে নেমে আসে তাই এটা সাধারণত উঁচু জিনিসকে সহজে আঘাত করে। তাই বজ্রপাত থেকে রক্ষা করার জন্য উঁচু বিল্ডিংয়ের উপর একাধিক সুচালো মুখযুক্ত ধাতব শলাকা লাগানো হয়। যা মোটা বিদ্যুৎ সুপুরিবাহী তার দিয়ে মাটির গভীরে নিয়ে যাওয়া হয়। এর পেছনের বিজ্ঞানটুকু খুবই সহজ। আমরা আগেই দেখেছি চার্জযুক্ত কোনোকিছু চার্জহীন কোনোকিছুর কাছে আনলে সেখানে বিপরীত চার্জ আবেশিত হয়। তাই বজ্রপাত হবার উপক্রম হলে বজ্র শলাকাতে পজিটিভ চার্জ জমা হয় এবং সুচালো শলাকা থাকার কারণে সেখানে তীব্র ইলেকট্রিক ফিল্ড তৈরি করে। সেই ইলেকট্রিক ফিল্ডের কারণে আশেপাশে থাকা বাতাস, জলীয়বাষ্প আয়নিত হয়ে যায় এবং আকাশের দিকে উঠে মেঘের নেগেটিভ চার্জকে চার্জহীন করে বজ্রপাতের আশংকা কমিয়ে দেয়। অনেক উঁচু বিল্ডিং এ যখন বজ্র শলাকা রাখা

হয় সেটি প্রায় সময়ই সত্যিকার বজ্রপাত গ্রহণ করে আর বিশাল পরিমাণ চার্জকে সেই দন্ড নিরাপদে মাটির ভেতরে নিয়ে যায়। আকাশ থেকে নেমে আসা বিদ্যুৎ অনিয়ন্ত্রিত ভাবে না গিয়ে এই মোটা তার দিয়ে মাটির গভীরে চলে যাবে।

সুচালো শলাকায় শুধু যে বজ্রপাত হয় তা নয়, এই সুচালো শলাকা দিয়ে বিপরীত চার্জ বের করে মেঘের মাঝে জমে থাকা চার্জকে নিষ্ক্রিয় করে দিতে পারে। এই কারণে উঁচু বিল্ডিংগুলোতে বজ্রপাত নিরোধক শলাকা লাগানো হলে বজ্রপাতের আশংঙ্কা অনেক কমে যায়।

3. স্থির বৈদ্যুতিক রঙ স্প্রে

গাড়ি, সাইকেল, স্টিলের আলমারি বা অন্যান্য ধাতব জিনিস রঙ করার জন্য আজকাল স্থির বৈদ্যুতিক রঙ স্প্রে ব্যবহার করা হয়। এই স্প্রেগুলোতে রঙের খুবই ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণা তৈরি করা হয় এবং স্প্রে থেকে বের হওয়ার সময় চার্জযুক্ত হওয়ার কারণে একটি কণা অন্যটিকে বিকর্ষণ করে ছড়িয়ে পড়ে এবং সে কারণে একটা বড় জায়গাকে খুবই মসৃণভাবে রঙ করা সম্ভব হয়।

রঙের কণাগুলোকে চার্জ করার জন্য রঙ স্প্রে করার সুচালো মাথাটি একটা উঁচু পটেনশিয়ালের উৎসের সাথে যুক্ত করে নেওয়া হয়। যে জিনিসটাকে চার্জ করা হবে সেটি বিপরীত পটেনশিয়ালে কিংবা ভুমির সাথে সংযুক্ত করে নেওয়া হয়। রঙের ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণা চার্জড হওয়ার কারণে জিনিসটির দিকে আকর্ষিত হয় এবং সেখানে খুবই দৃঢ়ভাবে সংযুক্ত হয়।শুধু তাই নয়, রঙের কণাগুলো বৈদ্যুতিক বলরেখা বরাবর গিয়ে কাঠামোর যে অপ্রকাশ্য স্থান আছে সেখানেও পৌঁছাতে পারে এবং রঙের আস্তরন তৈরি করতে পারে।

জ্ঞানমূলক প্রশ্নোত্তর

তড়িৎ আবেশ কাকে বলে? [সকল বোর্ড '১৮; রা. বো. '১৫; কু. লো. '১৬. সি. বো. '১৭. '১৬. ব. বো. '১৭]

একটি আহিত বস্তুর কাছে এনে স্পর্শ না করে শুধুমাত্র এর উপস্থিতিতে কোনা অনাহিত বস্তুকে আহিত করার পদ্ধতিকে তড়িৎ আবেশ বলে।

তাড়িত চৌম্বক আবেশ কাকে বলে? [সকল বোর্ড '১৮]

একটি গতিশীল চুম্বক বা তড়িৎবাহী বর্তনীর সাহায্যে অথবা একটি স্থির তড়িৎবাহী বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহের পরিমাণ কম বেশি করে অন্য একটি সংবদ্ধ বর্তনীতে ক্ষণস্থায়ী তড়িচ্চালক বল ও তড়িৎ প্রবাহ উৎপন্ন হওয়ার পদ্ধতিকে তাড়িতচৌম্বক আবেশ বলে।

বিভব কাকে বলে? [ঢা. বো. ১৭]

অসীম দূরত্ব থেকে প্রতি একক ধনাত্মক আধানকে তড়িৎক্ষেত্রের কোনোবিন্দুতে আনতে যে পরিমাণ কাজ সম্পন্ন করতে হয় তাকে ঐ বিন্দুর তড়িৎ বিভব বলে।

তড়িৎ ধারক কাকে বলে? [য. বো. ১৭; ৰ. বো. ১৭]

কাছাকাছি স্থাপিত দুটি পরিবাহকের মধ্যবর্তী স্থানে অন্তরক পদার্থ রেখে তড়িৎ আধানরূপে শক্তি সঞ্চয় করে রাখার যান্ত্রিক কৌশলই তড়িৎ ধারক।

কুলম্বের সূত্রটি লেখ। [য. বো. ১৭]

কুলম্বের সূত্রটি হলো- নির্দিষ্ট মাধ্যমে দুটি বিন্দু আধানের মধ্যে ক্রিয়াশীল আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বলের মান আধানদ্বয়ের গুণফলের সমানুপাতিক, মধ্যবর্তী দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক এবং এ বল এদের সংযোজক সরলরেখা বরাবর ক্রিয়া করে।

তড়িৎক্ষেত্র কাকে বলে? [কু. বো. '১৭. '১৫]

আহিত বস্তুর চারিদিকে যে অঞ্চল জুড়ে তড়িতের প্রভাব বিদ্যমান থাকে সেই অঞ্চলকে উক্ত বস্তুটির তড়িৎ ক্ষেত্র বলে।

তড়িৎ তীব্রতা কাকে বলে? [চ. বো. '১৭]

তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনোবিন্দুতে একটি একক ধনাত্মক আধান স্থাপন করলে সেটি যে বল অনুভব করে তাকে ঐ বিন্দুর তড়িৎ তীব্রতা বলে।

তড়িৎ বলরেখার সাথে তড়িৎ তীব্রতার সম্পর্ক কী? [দি. বো. '১৭]

তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনোবিন্দুতে বলরেখার সাথে অঙ্কিত স্পর্শক ঐ বিন্দুতে তীব্রতার দিক নির্দেশ করে এবং বলরেখার সাথে লম্বভাবে অবস্থিত একক ক্ষেত্রফলের মধ্য দিয়ে অতিক্রান্ত বলরেখার সংখ্যা তড়িৎ তীব্রতার সমানুপাতিক।

আধান কী? **[য. বো. ১৬]**

পদার্থ সৃষ্টিকারী মৌলিক কণাসমূহের যেমন- ইলেকট্রন ও প্রোটনে মৌলিক ও বৈশিষ্ট্যমূলক ধর্মকে চার্জ বা আধান বলে।

তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্র কী? **[চ. বো. '১৫]**

যে যন্ত্রের সাহায্যে কোনো বস্তুতে আধানের অস্তিত্ব ও প্রকৃতি নির্ণয় করা যায় তাই তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্র।

অনুধাবনমূলক প্রশ্নোত্তর

আহিত বস্তুর তড়িৎক্ষেত্রের মধ্যে বিন্দুবস্তু যতদূর সরে যাবে বিভব তত হ্রাস পাবে ব্যাখ্যা কর। **[য. বো. '১৭]**

অসীম দূরত্ব থেকে প্রতি একক ধনাত্মক আধানকে তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে আনতে যে পরিমাণ কাজ সম্পন্ন হয় তাকে ঐ বিন্দর তড়িৎ বিভব বলে। তড়িৎক্ষেত্র সৃষ্টিকারী আহিত বস্তুটির আধান ধনাত্মক হলে একটি ধনাত্মক বস্তুর দিকে আনতে বিকর্ষণ বলের বিরদ্ধে কাজ করতে হয়। অর্থাৎ অসীম থেকে একটি একক ধনাত্মক আধানকে বস্তুর যত নিকটবর্তী কোনো বিন্দুতে আনতে হবে তত বেশি কাজ করতে হবে তাই আহিত বস্তুর তড়িৎক্ষেত্রের মধ্যে একটি বিন্দু বস্তুটির যত নিকটে হবে তার বিভবও তত বেশি হবে এবং বিন্দু বস্তু যত দূরে সরে যাবে বিভবও তত হ্রাস পাবে।

আবিষ্ট ও আবেশী আধানের প্রকৃতি কীরূপ থাকে? ব্যাখ্যা কর। **[দি. বো. '১৭]**

যে আধান কোনো অনাহিত পরিবাহকে আবেশ সৃষ্টি করে তাকে আবেশী আধান বলে। আবার আবেশী আধানের প্রভাবে কোনো অনাহিত পরিবাহকে যে আধানের সঞ্চার হয় তাকে আবিষ্ট আধান বলে। আবিষ্ট ও আবেশী আধানের প্রকৃতি পরস্পর বিপরীত থাকে।

10 কুলম্ব আধান বলতে কী বুঝ? **[রা. বো. '১৬; সি. বো. '১৬]**

আমরা জানি, $1\ C = 1\ A \times 1s$

∴ 10 কুলম্ব আধান বলতে বোঝায় কোনো পরিবাহীর মধ্যদিয়ে 10 A তড়িৎ প্রবাহ 1 s ধরে চললে এর যে কোনো প্রস্থচ্ছেদ দিয়ে প্রবাহিত আধানের পরিমাণ 10 C.

বিদ্যুৎ লাইনের সাথে ধাতব খুটির সরাসরি সংযোগ থাকে না কেন? **[কু. বো. '১৫]**

রাস্তায় বিদ্যুৎ লাইনের তার খাটাবার সময় ধাতব খুঁটির সাথে সরাসরি সংযুক্ত করা হয় না। ধাতু তড়িতের সুপরিবাহী।

ঋণাত্মক আধানে আহিত তড়িতবীক্ষণ যন্ত্রের চাকতির সংস্পর্শে ঋণাত্মক আধানে আহিত বস্তু আনলে কী ঘটে- ব্যাখ্যা কর। [কু. বো. ১৬]

ঋণাত্মক আধানে আহিত তড়িতবীক্ষণ যন্ত্রের চাকতির সংস্পর্শে ঋণাত্মক আধানে আহিত বস্তু আনলে তড়িতবীক্ষণ যন্ত্রের পাত দুটোর ফাঁক বৃদ্ধি পাবে। কেননা সমজাতীয় আধান পরস্পরকে বিকর্ষণ করে। এ

বিকর্ষণের কারণেই পাত দুটোর মধ্যবর্তী ফাঁক বৃদ্ধি পাবে।

প্রায় বজ্রপাত হয় এমন এলাকায় তালগাছ রোপণের কারণ ব্যাখ্যা কর।

[ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল ও কলেজ, পার্বতীপুর, দিনাজপুর]

আমরা জানি তড়িৎ সর্বদা রোধহীন বা কম রোধের পথে প্রবাহিত হয়। এ কারণে বজ্রপাতের সময় উৎপন্ন তড়িৎ এমন পথে । ভূমিতে যেতে চায় যে পথে গেলে সে সবচেয়ে কম রোধের সম্মুখীন | হবে। যেহেতু তালগাছ লম্বা ও সোজা হওয়ার কারণে বজ্রপাতের সময় এটি সৃষ্ট তড়িৎকে ভূমিতে চলে যাওয়ার সহজতম পথ তৈরি করে দেয় ফলে আশে পাশের মানুষ নিরাপদ থাকে। অতএব বলা যায়, আর্থিং ওয়্যার হিসেবে কাজ করে বিধায় প্রায় বজ্রপাত হয় এমন এলাকায় তালগাছ রোপণ করা হয়।

টেলিভিশনে ইলেকট্রন গান কীভাবে কাজ করে? **[ভিকারুননিসা নূন স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]**

টেলিভিশনের পিকচার টিউবের পিছনের প্রান্তে ইলেকট্রন গান সংযুক্ত থাকে। ভিডিও সংকেত গ্রহণের পর ইলেকট্রনগান সুইয়ের ন্যায় সরু ইলেকট্রন বীম ছুঁড়তে থাকে। টেলিভিশনের পর্দার প্রতিপ্রভ ফসফারে ইলেকট্রন গান থেকে যখন ইলেকট্রন বীম এসে পড়ে তখন এতে আলোক ঝলকের সৃষ্টি হয়। এ উজ্জ্বল ও অনুজ্জ্বল আলোক বিন্দুর সমন্বয়েই টেলিভিশনের পর্দায় ফুটে উঠে ক্যামেরা থেকে পাঠানো ছবি। এভাবে টেলিভিশনে ইলেকট্রন গান কাজ করে।

কোনো বস্তুতে আধান আছে কি-না তড়িতবীক্ষণ যন্ত্র ব্যবহার করে কীভাবে নিশ্চিত হবে?

[সিলেট সরকারি পাইলট উচ্চ বিদ্যালয়, সিলেট]

কোনো বস্তুতে আধানের অস্তিত্ব অর্থাৎ কোনো বস্তুতে আধান আছে কিনা নির্ণয়ের জন্য বস্তুটিকে একটি অনাহিত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের চাকতির কাছে আনতে হবে। এতে যদি পাত দুটি পরস্পর থেকে দূরে সরে যায় তাহলে বুঝতে হবে বস্তুটিতে আধানের অস্তিত্ব আছে। কিন্তু যদি পাত দুটি পরস্পর থেকে দূরে সরে না যায় তাহলে বুঝতে হবে বস্তুটিতে আধান নেই।

ঘর্ষণের ফলে অনাহিত বস্তু আহিত হওয়ার কারণ ব্যাখ্যা কর।

বাহ্যিক বল প্রয়োগে বস্তুদ্বয়ে যখন ঘর্ষণ করা হয় তখন যে বস্তুর ইলেকট্রনের আসক্তি বেশি সে বস্তু অপর বস্তু থেকে মুক্ত ইলেকট্রন সংগ্রহ করে ঋণাত্মক আধানে আহিত হয় এবং অপর বস্তুটিতে ইলেকট্রনের ঘাটতি হওয়ায় তা ধনাত্মক আধানে আহিত হয় এবং বস্তুদ্বয়ে তড়িতের সৃষ্টি হয়। অর্থাৎ ঘর্ষণের ফলে ইলেকট্রনের আদান প্রদান ঘটে বলেই অনাহিত বস্তু আহিত হয়।

একটি ধনাত্মক চার্জে চার্জিত বস্তু দ্বারা সরাসরি একটি নিরপেক্ষ বস্তুতে সমধর্মী ও বিপরীতধর্মী চার্জ সৃষ্টি সম্ভব কি? **[বরিশাল সরকারি বালিকা মাধ্যমিক বিদ্যালয়, বরিশাল]**

একটি ধনাত্মক চার্জে চার্জিত বস্তু দ্বারা সরাসরি একটি নিরপেক্ষ বস্তুতে সমধর্মী চার্জ সৃষ্টি সম্ভব না হলেও বিপরীতধর্মী চার্জ সৃষ্টি সম্ভব। ধনাত্মক চার্জে চার্জিত বস্তুকে নিরপেক্ষ বস্তুর নিকট আনলে ধনাত্মক আধান দ্বারা

আকৃষ্ট হয়ে মুক্ত ঋণাত্মক আধানগুলো চার্জিত বস্তুর প্রান্তের দিকে চলে আসে ফলে বস্তুটির অপর প্রান্তে ইলেকট্রন ঘাটতি সৃষ্টি হয়। অর্থাৎ অপর প্রান্ত ধনাত্মক আধানযুক্ত হয়। এ অবস্থায় ধনাত্মক প্রান্ত ভূ-সংযোগ করলে ধনাত্মক আধান তিরোহিত হবে। এখন চার্জিত বস্তুটি সরিয়ে নিলে আহিত ঋণাত্মক আধান নিরপেক্ষ বস্তুটির সর্বত্র ছড়িয়ে পড়বে এবং বস্তুটি ঋণাত্মক আধানে আহিত হবে।

একটি সরল ধারক তৈরি করা হয় কিভাবে?

একটি সরল ধারক তৈরি করা হয় দুটি অন্তরিত ধাতব পাতকে পরস্পর সমান্তরালে রেখে। যখন একটি ব্যাটারিকে এর দুটি পাতের সাথে সংযুক্ত করা হয় তখন ব্যাটারির ঋণাত্মক প্রন্ত থেকে ইলেকট্রন একটি পাতে প্রবাহিত হয় এবং এটি ঋণাত্মক আধানে আহিত হয়। ধারকের অন্য পাত থেকে ইলেকট্রন ব্যাটারির ধনাত্মক দণ্ডে প্রবাহিত হয়। ফলে ঐ পাত ধনাত্মকভাবে আহত হয়।

ইলেকট্রন আসক্তির ভিন্নতা কিভাবে স্থির তড়িৎ উৎপন্ন করে ব্যাখ্যা কর।

আমরা জানি, সকল পদার্থের ইলেকট্রন আসক্তি সমান নয়। তাই একাধিক বস্তুকে পরস্পরের সাথে ঘষা হলে এদের কোনোটি ইলেকট্রন ত্যাগ করে আবার কোনোটি ইলেক্ট্রন গ্রহণ করে। এতে প্রতিটি বস্তু স্থির তড়িৎ বল লাভ করে। যেমন সিল্কের ইলেকট্রন আসক্তি কাচের চেয়ে বেশি বলে এদের যখন ঘষা হয় তখন কাঁচ থেকে ইলেকট্রন সিল্কে চলে যায়। এর ফলে সিল্ক ঋণাত্মক আধানে এবং কাচদণ্ড ঋনাত্মক আধানে আহিত হয়। অর্থাৎ এদের মধ্যে ইলেকট্রন আসক্তির ভিন্নতার কারণেই স্থির তড়িৎ উৎপন্ন হয়।

তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে তীব্রতা কীভাবে নির্ণয় করা যায়।

আমরা জানি, তড়িৎ ক্ষেত্রে কোনো বিন্দুতে একটি একক ধনাকত্বক আধান স্থাপন করলে সেটি যে বল অনুভব করে তাই হলো ঐ বিন্দুর তড়িৎ তীব্রতা। অতএব সংজ্ঞানুসারে, তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুর তীব্রতা নির্ণয়ে ঐ বিন্দুতে একক মানের আধান স্থাপন করে আধান দ্বারা অনুভূত বল পরিমাপ করতে হবে। অথবা ঐ বিন্দুতে যেকোনো স্থানের আধান স্থাপন করে অনুভূত বল এবং আধানের মানের অনুপাত নির্ণয় করতে হবে।

একটি স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের গঠন বর্ণনা কর।

একটি স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের গঠন বর্ণনা করা হলো-

তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রে একটি পিতল বা অন্য কোনো ধাতব দণ্ড R এর উপরে একটি ধাতব চাকতি বা গোলক আটকানো থাকে। দণ্ডের নিচের প্রান্তে দুটি হালকা সোনার পাত সংযুক্ত থাকে। পাতদুটি সোনার বদলে অ্যালুমিনিয়াম বা অন্য কোনো হালকা ধাতুরও হতে পারে। পাতুসহ দণ্ডের নিচের অংশ অপরিবাহী পদার্থ দিয়ে তৈরী ছিপি C এর মধ্যদিয়ে একটি কাচপাত্রে প্রবেশ করানো থাকে। যন্ত্রটি কাচপাত্রের ভেতরে থাকায় বায়ু প্রবাহ এর ক্ষতি করতে পারে না। এটিই যন্ত্রটির গঠন কৌশল।

একটি স্বর্ণপাত তড়িতবীক্ষণ যন্ত্রকে কীভাবে ধনাত্মক আধানে আহিত করা যায় বর্ণনা কর।

একটি কাচদণ্ডকে রেশম দিয়ে ঘষলে কাচদণ্ডে ধনাত্মক আধানের উদ্ভব হয়। ঐ আহিত কাচদণ্ডকে স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের চাকতি বা গোলকের গায়ে স্পর্শ করালে দণ্ড হতে খানিকটা আধান চাকতিতে চলে যায়। এ আধান সুপরিবাহী ধাতব দণ্ডের ভেতর দিয়ে সোনার পাতদ্বয়ে পৌছে। ফলে সোনার পাত দুটি একই জাতীয় আধান পেয়ে পরস্পরকে বিকর্ষণ করে এবং পরস্পর থেকে দূরে সরে যায় বা বিস্ফোরিত হয়। এ অবস্থায় কাচদণ্ড সরিয়ে নিলেও পাতদ্বয়ের মধ্যবর্তী ফাঁক কমে না যা থেকে বুঝা যায় যে, স্বর্ণপাত তড়িতবীক্ষণ যন্ত্রটি ধনাত্মক আধানে আহিত হয়।

একটি স্বর্ণপাত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে কীভাবে কোনো আহিত বস্তুর আধানের প্রকৃতি নির্ণয় করা যায় বর্ণনা কর।

তড়িতবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে নিম্নবর্ণিত উপায়ে কোনো আহিত বস্তুর আধানের প্রকৃতি নির্ণয় করা যায়-

একটি কাচদণ্ডকে রেশম দিয়ে ঘষলে কাচদণ্ডে ধনাত্মক আধানের উদ্ভব হয়। ঐ আহিত কাচদণ্ডকে উল্লিখিত যন্ত্রটির (তড়িতবীক্ষণ যন্ত্র) চাকতি বা গোলকের গায়ে স্পর্শ করালে দণ্ড হতে কিছু আধান চাকতিতে চলে যায়। এ আধান সুপরিবাহী ধাতব দণ্ডের ভেতর দিয়ে তড়িতবীক্ষণ যন্ত্রে অবস্থিত সোনার পাতদ্বয়ে পৌছে। ফলে সোনার পাত দুটি একই জাতীয় আধান পেয়ে পরস্পরকে বিকর্ষণ করে পরস্পর থেকে দূরে সরে যায়। অর্থাৎ কোনো বস্তুতে আধানের অস্তিত্ব আছে কি-না নির্ণয়ের জন্য বস্তুটিকে অনাহিত তড়িৎবীক্ষণ যন্ত্রের চাকতির নিকটে আনলে যদি এর পাতদুটি পরস্পর থেকে দূরে সরে যায় তাহলে বুঝা যায় যে, বস্তুটিতে আধানের অস্তিত্ব আছে। কিন্তু যদি পাতদুটি পরস্পর থেকে দূরে সরে না যায়, তাহলে বুঝা যায় বস্তুটিতে আধান নেই। এখন উপরোক্ত ধনাত্মক আধানে আহিত যন্ত্রটির নিকট কোনো আহিত বস্তু আনলে যদি পাতদুটির ফাক কমে যায়, তাহলে বুঝা যায় ঐ বস্তুটি ঋণাত্মক আধানে আহিত। পক্ষান্তরে পরীক্ষণীয় বস্তুটিকে চাকতির সংস্পর্শে আনলে যদি ফাক বেড়ে যায়, তাহলে বুঝা যায় যে, বস্তুটি ধনাত্মক আধানে আহিত। উপরোক্ত প্রক্রিয়ার মাধ্যমেই বস্তুটিতে আধানের উপস্থিতি ও প্রকৃতি নির্ণয় করা যায়।

Formula

ক্রম	সূত্র
১	$F = \frac{kq_1q_2}{d^2}$
২	$E = \frac{F}{q} = k.\frac{q}{r^2}$
৩	$W = Vq$

ক্রম	সূত্র
8	$U = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}QV = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$

টাইপ ভিত্তিক সমস্যাবলী

বল নির্ণয়

১. বায়ু মাধ্যমে 10 কুলম্বের ও 20 কুলম্বের দুটি বৈদ্যুতিক চার্জ পরস্পর হতে 50 সেন্টিমিটার দূরে আছে। এদের মধ্যবর্তী বলের মান নির্ণয় কর।

সমাধান:

আমরা জানি, $F = k.\frac{q_1q_2}{d^2}$

$= 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2} \times \frac{10C \times 20C}{(0.5m)^2}$

$= 7.2 \times 10^{12} N$

এখানে,

১ম বৈদ্যুতিক চার্জ, $q_1 = 10C$

২য় বৈদ্যুতিক চার্জ, $q_2 = 20C$

দূরত্ব, $d = 50cm = 0.5m$

ধ্রুবক, $k = 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2}$

বলের মান, $F = ?$

নির্ণেয় মধ্যবর্তী বলের মান $7.2 \times 10^{12} N$

২. q_1 (30 C) ও q_2(40 C) ধনাত্মকভাবে আহিত দুটো বস্তুকে পরস্পর হতে 20 m দূরত্বে স্থাপন করা হলো। এদের মধ্যবর্তী দূরত্ব অর্ধেক করা হলে ক্রিয়াশীল বলের মান কত হবে?

সমাধান:

ধরি, আহিত বস্তুর দুটির মধ্যবর্তী বল, F

আমরা জানি, $F = k.\frac{q_1q_2}{d^2}$

$= 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2} \times \frac{30C \times 40C}{(10m)^2}$

$= 1.08 \times 10^{11} N$

এখানে,

১ম বৈদ্যুতিক চার্জ, $q_1 = 30C$

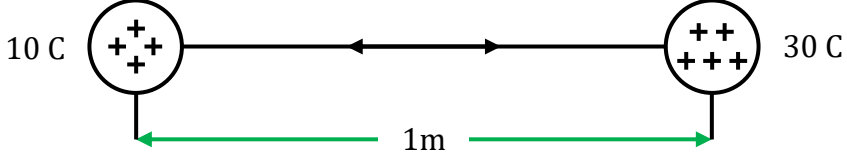
২য় বৈদ্যুতিক চার্জ, $q_2 = 40C$

দূরত্ব, $d = 20m$

অর্ধেক দূরত্ব, $r = \frac{20}{2}m = 10m$

ধ্রুবক, $k = 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2}$

নির্ণেয় মধ্যবর্তী বলের মান $1.08 \times 10^{11} N$

৩.

A ও B বস্তুদ্বয়ের মধ্যবর্তী বলের মান নির্ণয় কর।

সমাধান:

ধরি, A ও B বস্তুর মধ্যবর্তী বল, F

আমরা জানি, $F = k.\frac{q_1 q_2}{d^2}$

$= 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2} \times \frac{10C \times 30C}{(1m)^2}$

$= 2.7 \times 10^{12} N$

এখানে,

A বস্তুর চার্জ, $q_1 = 10C$

B বস্তুর চার্জ, $q_2 = 30C$

দূরত্ব, $d = 1m$

ধ্রুবক, $k = 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2}$

A ও B বস্তুর মধ্যকার বিকর্ষণ বলের মান $2.7 \times 10^{12} N$

৪. বায়ু মাধ্যমে একটি 30 কুলম্ব ও একটি 50 কুলম্ব আধান পরস্পর থেকে 1 মিটার দূরে আছে। এদের মধ্যবর্তী বলের মান নির্ণয় কর।

সমাধান:

আমরা জানি, $F = k.\frac{q_1 q_2}{d^2}$

$= 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2} \times \frac{30C \times 50C}{(1m)^2}$

$= 1.35 \times 10^{13} N$

এখানে,

আধান, $q_1 = 30C$

আধান, $q_2 = 50C$

দূরত্ব, $d = 1m$

ধ্রুবক, $k = 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2}$

বলের মান, $F = ?$

নির্ণেয় মধ্যবর্তী বলের মান $1.35 \times 10^{13} N$

৫. বায়ু মাধ্যমে 10 কুলম্বের ও 20 কুলম্বের দুটি বৈদ্যুতিক চার্জ পরস্পর হতে 40 সেন্টিমিটার দূরে আছে। এদের মধ্যবর্তী বলের মান নির্ণয় কর।

সমাধান:

আমরা জানি, $F = k.\frac{q_1 q_2}{d^2}$

এখানে,

১ম আধান, $q_1 = 10C$

$= 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2} \times \frac{10C \times 20C}{(0.4m)^2}$

$= 1.125 \times 10^{13} N$

দূরত্ব, $d = 40cm = 0.4m$

ধ্রুবক, $k = 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2}$

বলের মান, $F = ?$

নির্ণেয় মধ্যবর্তী বলের মান $1.125 \times 10^{13} N$

৬. একটি 20 C এর আহিত বস্তুকে শূন্যস্থানে অপর একটি 50C এর আহিত বস্তু থেকে 2 m দূরে রাখা হলে এদের মধ্যবর্তী বলের মান কত হবে?

সমাধান:

আমরা জানি, $F = k.\frac{q_1 q_2}{d^2}$

$= 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2} \times \frac{20C \times 50C}{(2m)^2}$

$= 2.25 \times 10^{12} N$

এখানে,

১ম আধান, $q_1 = 20C$

২য় আধান, $q_2 = 50C$

দূরত্ব, $d = 2m$

ধ্রুবক, $k = 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2}$

বলের মান, $F = ?$

নির্ণেয় বিকর্ষণ বল $2.25 \times 10^{12} N$

৭. 10 cm ব্যাসবিশিষ্ট 25 কুলম্ব আধানের আহিত বস্তু অপর একটি 10 cm ব্যাসের 70 কুলম্ব আধানের আহিত বস্তু থেকে 4m দূরত্বে রাখা হলো। এদের মধ্যবর্তী বলের মান নির্ণয় কর।

সমাধান:

আমরা জানি, $F = k.\frac{q_1 q_2}{d^2}$

$= 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2} \times \frac{25C \times 70C}{(4.1m)^2}$

$= 9.37 \times 10^{11} N$

এখানে,

চার্জ, $q_1 = 25C$

চার্জ, $q_2 = 70C$

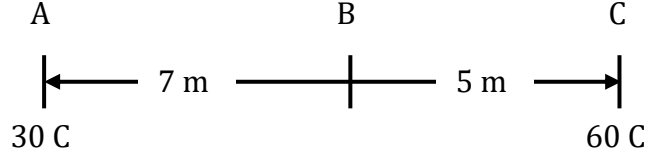
ব্যাসার্ধ, $r_1 = r_2 = \frac{10}{2} cm = 5cm = 0.05m$

দূরত্ব, $d = (r_1 + r_2 + 4)m = 4.1m$

ধ্রুবক, $k = 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2}$

বলের মান, $F = ?$

নির্ণেয় মধ্যবর্তী বলের মান $9.37 \times 10^{11} N$

৮.

A ও C এর মধ্যকার ক্রিয়াশীল বল নির্ণয় কর।

সমাধান:

আমরা জানি, $F = k.\frac{q_1q_2}{d^2}$

$= 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2} \times \frac{30C \times 60C}{(12m)^2}$

$= 1.125 \times 10^{11} N$

এখানে,

A বিন্দুর অধান, $q_1 = 30C$

C বিন্দুর অধান, $q_2 = 60C$

দূরত্ব, $d = (5 + 7)m = 12m$

ধ্রুবক, $k = 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2}$

বলের মান, $F = ?$

$\therefore$আধানদ্বয়ের মধ্যবর্তী বল, $1.125 \times 10^{11} N$

৯. 3.3×10^{-9}' চার্জবিশিষ্ট একটি গোলক অন্য একটি চার্জিত গোলক হতে $0.2\ m$ দূরে স্থাপন করা হলে তাদের মধ্যে বিকর্ষণ বল হয় $7.4 \times 10^{-6} N$ । দ্বিতীয় গোলকের চার্জ নির্ণয় কর।

সমাধান:

আমরা জানি, $F = k.\frac{q_1q_2}{d^2}$

বা, $q_2 = \frac{Fd^2}{kq_1}$

$= \frac{7.4 \times 10^{-6} N \times (0.4m)^2}{9 \times 10^9 Nm^2C^{-2} \times 3.3 \times 10^{-9} C}$

$= 9.97 \times 10^{-9} C$

এখানে,

প্রথম গোলকের চার্জ, $q_1 = 3.3 \times 10^{-9} C$

দ্বিতীয় গোলকের চার্জ, $q_2 = ?$

দূরত্ব, $d = 0.2m$

ধ্রুবক, $k = 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2}$

বলের মান, $F = 7.4 \times 10^{-6} N$

$\therefore$ দ্বিতীয় গোলকের আধান, $q_2 = 9.97 \times 10^{-9} C$

১০. দুটি আলফা কণিকা $10^{-13}\ m$ দূরত্বে অবস্থিত। এদের মধ্যে বিকর্ষণজনিত বলের মান নির্ণয় কর। আলফা কণিকার চার্জ বা আধান $= +2e$ যখন $e = 1.6 \times 10^{-19} C$।

সমাধান:

আমরা জানি, $F = k.\frac{q_1q_2}{d^2}$

এখানে,

$= 9 \times 10^9 NC^{-2} \times \frac{(2\times10^{-19}C)^2}{(10^{-13}m)^2}$,

$= 9.216 \times 10^{-2} N$

আধান = $q_1 = q_2 = +2e = +2 \times 10^{-19} C$

দূরত্ব, $d = 10^{-13} m$

ধ্রুবক, $k = 9 \times 10^9 NC^{-2}$

মধ্যবর্তী বিকর্ষণ বল, $F = ?$

অতএব, বিকর্ষণজনিত বলের মান $9.216 \times 10^{-2} N$

১১. সমভাবে আহিত দুটি পিথবল বায়ুতে 2.0 mm ব্যবধানে রাখলে পরস্পরকে 0.2 kg-wt বলে বিকর্ষন করে। প্রত্যেক পিথবলের চার্জের পরিমাণ নির্ণয় কর।

সমাধান:

আমরা জানি, $F = k.\frac{q^2}{d^2}$

বা, $q = \sqrt{\frac{Fd^2}{k}}$

$= \sqrt{\frac{1.96N \times (2.0\times10^{-3}m)^2}{9\times10^9 Nm^2C^{-2}}}$

$= 2.95 \times 10^{-8} C$

এখানে,

মধ্যবর্তী কুলম্ব বল,

$F = 0.2 kg - wt(0.2 \times 9.8)N = 1.96N$

দূরত্ব, $d = 2.0mm = 2.0 \times 10^{-3} m$

ধ্রুবক, $k = 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2}$

প্রত্যেক পথবলের চার্জ, $q =?$

অতএব, প্রত্যেক পিথবলের চার্জের পরিমাণ $2.95 \times 10^{-8} C$

১২. P ও Q বিন্দুর চার্জ যথাক্রমে $-12.5 \times 10^{-6} C$ এবং $-7.5 \times 10^{-4} C$ এবং এদের মধ্যবর্তী দূরত্ব 5 m হলে ক্রিয়াশীল বল নির্ণয় কর।

সমাধান:

আমরা জানি, $F = k.\frac{q_1 q_2}{d^2}$

$= 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2} \times$

$\frac{-12.5\times10^{-6}C\times -7.5\times10^{-6}C}{(5m)^2}$

$= 3.375 \times 10^{-2} N$

এখানে,

P বিন্দুর চার্জ, $q_1 = -12.5 \times 10^{-6} C$

Q বিন্দুর চার্জ, $q_2 = -7.5 \times 10^{-6} C$

দূরত্ব, $d = 5m$

ধ্রুবক, $k = 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2}$

বলের মান, $F = ?$

অতএব, ক্রিয়াশীল বলের মান $3.375 \times 10^{-2} N$

১৩. দুটি হিলিয়াম নিউক্লিয়াসের মধ্যবর্তী দূরত্ব এক অ্যাংস্ট্রম হলে এদের মধ্যবর্তী কুলম্ব বল কত হবে নির্ণয় কর।

সমাধান:

আমরা জানি, $F = k.\frac{q_1q_2}{d^2}$

$= 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2} \times \frac{3.2\times10^{-19}C\times3.2\times10^{-19}C}{(0.4m)^2}$

$= 9.22 \times 10^{-8}N$

হিলিয়াম নিউক্লিয়াসের,

আধান, $q = 3.2 \times 10^{-19}C$

মধ্যবর্তী দূরত্ব, $d = 1Å = 10^{-10}m$

ধ্রুবক, $k = 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2}$

মধ্যবর্তী কুলম্ব বল, $F = ?$

নির্ণেয় মধ্যবর্তী কুলম্ব বল $9.22 \times 10^{-8}N$

১৪. একটি লৌহ নিউক্লিয়াসের অভ্যন্তরস্থ দুটি প্রোটনের মধ্যবর্তী দূরত্ব $4 \times 10^{-15}m$ হলে, এদের মধ্যবর্তী বিকর্ষণ বল নির্ণয় কর।

সমাধান:

আমরা জানি, $F = k.\frac{q_1q_2}{d^2}$

$= 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2} \times \frac{(1.60\times10^{-19}C\ )^2}{(4\times10^{-15}m)^2}$

$= 14.4N$

এখানে,

চার্জ, $q_1 = 1.60 \times 10^{-19}C$

চার্জ, $q_1 = 1.60 \times 10^{-19}C$

দূরত্ব, $d = 4 \times 10^{-15}m$

ধ্রুবক, $k = 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2}$

মধ্যবর্তী বিকর্ষণ বল, $F = ?$

অতএব, মধ্যবর্তী বিকর্ষণ বল $14.4N$

১৫. ঋণাত্মক চার্জে চার্জিত $0.1\,g$ ওজনের একটি পিথ বল 2 সে.মি. উপরে রাখা একটি ধনাত্মক চার্জে চার্জিত বস্তুর আকর্ষণে শূন্যে স্থির আছে। পিথ বলের চার্জ $-6.67 \times 10^{-9}C$ হলে, বস্তুর চার্জ কত?

সমাধান:

এখন, দুটি বলের মধ্যবর্তী আকর্ষণ বল = পিথ বলের ওজন

প্রশ্নমতে, $k.\frac{q_1q_2}{d^2} = mg$

বা, $q_2 = \frac{mgd^2}{kq_1}$

এখানে,

পিথ বলের ভর, $m = 0.1\,g = 0.1 \times 10^{-3}kg$

পিথ বলের চার্জ, $q_1 = -6.67 \times 10^{-9}C$

$= \frac{0.1\times10^{-3}\text{kg}\times(0.02\text{m})^2}{9\times10^9\text{Nm}^2\text{C}^{-2}\times6.67\times10^{-9}\text{C}}$

$= 6.53 \times 10^{-9}\text{C}$

দূরত্ব, $d = 2\text{cm} = 0.02\text{m}$

ধ্রুবক, $k = 9 \times 10^9\text{Nm}^2\text{C}^{-2}$

বস্তুর চার্জ, $q_2 = ?$

যেহেতু আকর্ষণ বলের কারণে পিথ বল ও বস্তুটি ঝুলন্ত অবস্থায় ছিল। তাই বস্তুর চার্জ হবে $+6.53 \times 10^{-9}\text{C}$

১৬. 0.02 m এবং 0.04m ব্যাসার্ধের দুটি গোলককে পরস্পরের পৃষ্ঠ হতে 0.14 m দূরত্বে রাখা হলো। প্রতিটি গোলককে 40 C চার্জ প্রদান করা হলে তাদের মধ্যে কত বল ক্রিয়া করবে নির্ণয় কর।

সমাধান:

আমরা জানি, $F = k.\frac{q_1\times q_2}{d^2}$

$= 9 \times 10^9\text{NC}^{-2} \times \frac{40\text{C}\times40\text{C}}{(0.20\text{m})^2}$

$= 3.6 \times 10^{14}\text{N}$

এখানে,

অধান, $q_1 = q_2 = 40\text{C}$

গোলকদ্বয়ের কেন্দ্রদ্বয়ের দূরত্ব,

$d = (0.14 + 0.02 + 0.04)\text{m} = 0.20\text{m}$

ধ্রুবক, $k = 9 \times 10^9\text{NC}^{-2}$

বল, $F = ?$

অতএব, ক্রিয়ারত বলের মান $3.6 \times 10^{14}\text{N}$

১৭. 10 cm ব্যাসের এবং 30 C ও 60 C আধান বিশিষ্ট দুটি গোলর্ককে পরস্পর থেকে 12 m দূরে স্থাপন করে একটি পরিবাহী তার দ্বারা যুক্ত করলে এদের মধ্যে ক্রিয়াশীল বলের মান কত হবে?

সমাধান:

এখানে,

প্রথম গোলকের চার্জ, $q_1 = 30\text{C}$

দ্বিতীয় গোলকের চার্জ, $q_2 = 60\text{C}$

প্রত্যেক গোলকের ব্যাসার্ধ, $d = \frac{10}{2}\text{cm} = 5\text{ cm} = 0.05\text{ m}$

দূরত্ব, $d = (12 + 0.05)\text{m} = 12.05\text{m}$

এখন, গোলক দুটিকে পরিবাহী তার দ্বারা যুক্ত করলে প্রত্যেক গোলকের আধান হবে,

$$q = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{30\text{C} + 60\text{C}}{2} = 45\text{ C}$$

ধ্রুবক, $k = 9 \times 10^9\text{Nm}^2\text{C}^{-2}$

বলের মান, $F = ?$

আমরা জানি, $F = k.\frac{q.q}{d^2}$

$= 9 \times 10^9 NC^{-2} \times \frac{45C \times 45C}{(12.05m)^2}$

$= 1.26 \times 10^{11} N$

নির্ণেয় বল, $1.26 \times 10^{11} N$

তীব্রতা নির্ণয়

১৮. কুলম্বের আধান থেকে 0.5m দূরবর্তী কোনো বিন্দুতে তড়িৎক্ষেত্রের তীব্রতা কত?

সমাধান:

আমরা জানি, $E = k.\frac{q}{r^2}$

$= 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2} \times \frac{5C}{(0.5m)^2}$

$= 1.8 \times 10^{11} NC^{-1}$

এখানে,

আধান, $q = 5\ C$

দূরত্ব, $r = 0.5m$

ধ্রুবক, $k = 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2}$

তড়িৎক্ষেত্রের তীব্রতা, $E = ?$

নির্ণেয় তড়িৎক্ষেত্রের তীব্রতা $1.8 \times 10^{11} NC^{-1}$

১৯. কোনো তড়িৎক্ষেত্রে 30 কুলম্বের একটি চার্জ স্থাপন করলে 15 নিউটন বল লাভ করে। ঐ বিন্দুতে 20 কুলম্বের একটি আধান স্থাপন করলে বলের মান কত হবে?

সমাধান:

তড়িৎক্ষেত্রের তীব্রতা E হলে,

আমরা জানি, $E = \frac{F_1}{q_1} = \frac{15N}{30N}$

$= 0.5NC^{-1}$

আবার, $F_2 = Eq_2 = 0.5NC^{-1} \times 20C$

$= 10N$

∴বলের মান 10 N

এখানে,

প্রথম ক্ষেত্রে আধান, $q_1 = 30C$

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে আধান, $q_2 = 20C$

বল, $F_1 = 15\ N$

∴বল, $F_2 = ?$

২০. কোনো তড়িৎক্ষেত্রে 5 C এর একটি আহিত বস্তু স্থাপন করলে যদি সেটি 200 N বল লাভ করে তবে ঐ তড়িৎক্ষেত্রের তীব্রতার মান নির্ণয় কর।

সমাধান:

আমরা জানি, $E = \frac{F}{q}$

$= \frac{200N}{5C}$

$= 40NC^{-1}$

এখানে,

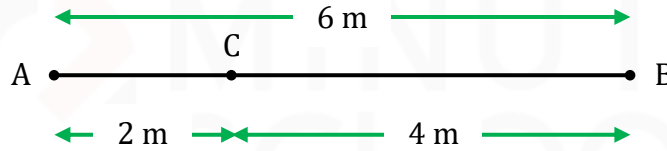
আধান, $q = 5\,C$

বল, $F = 200\ N$

তড়িৎক্ষেত্রের তীব্রতা, $E = ?$

নির্ণেয় তড়িৎক্ষেত্রের তীব্রতা $40NC^{-1}$

২১. পরস্পর থেকে 6 m দূরে অবস্থিত A ও B দুটি বিন্দুতে আঁধানের পরিমাণ যথাক্রমে 3×10^{-4}C এবং 5×10^{-4} C হলে A বিন্দু থেকে 2 m দূরবর্তী সংযোগ রেখার কোনো বিন্দুতে তড়িৎ তীব্রতার দিক কোন দিকে হবে?

সমাধান:

ধরি, A বিন্দু থেকে 2 m দূরবর্তী বিন্দুটি C

$\therefore AC = 2\,, BC = (6 - 2)\ m = 4\ m$

এখন, A বিন্দুর আধানের জন্য C বিন্দুতে তীব্রতা

$E_A = k.\frac{q_A}{AC^2} = 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2} \times \frac{3\times10^{-6}C}{(2m)^2}$

$= 6750NC^{-1}$ দিক AC বরাবর

এখানে,

A বিন্দুর আধান, $q_A = 3 \times 10^{-6}C$

B বিন্দুর আধান, $q_B = 5 \times 10^{-6}C$

ধ্রুবক, $k = 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2}$

আবার, B বিন্দুর আধানের জন্য C বিন্দুতে তীব্রতা

$E_B = k.\frac{q_B}{BC^2} = 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2} \times \frac{5\times10^{-6}C}{(4m)^2} = 2812.5NC^{-1}$ দিক BC বরাবর

এখানে, $E_A > E_B$

$\therefore$তীব্রতার দিক হবে AC বরাবর।

২২. কোনো তড়িৎক্ষেত্রে 9 কুলম্বের একটি আহিত বস্তু স্থাপন করলে সেটি 13.5 নিউটন বল লাভ করে। ঐ বিন্দুতে 19 কুলম্বের একটি আহিত বস্তু স্থাপন করলে বলের মান কত হবে?

সমাধান:

আমরা জানি,

তড়িৎক্ষেত্রের তীব্রতা E হলে,

$E = \frac{F_1}{q_1} = \frac{13.5}{9} = 1.5NC^{-1}$

আবার, $F_2 = Eq_2$

$= 1.5NC^{-1} \times 19C = 28N$

এখানে,

১ম ক্ষেত্রে আধান, $q_1 = 9C$

১ম ক্ষেত্রে বল, $F_1 = 13.5N$

২য় ক্ষেত্রে আধান, $q_2 = 19C$

২য় ক্ষেত্রে বল, $F = ?$

∴ বলের মান 28 5 N

২৩. বাতাসে 100 C চার্জ হতে 1m দূরে কোন বিন্দুতে বৈদ্যুতিক প্রাবল্য নির্ণয় কর।

সমাধান:

আমরা জানি, $E = k.\frac{q}{r^2}$

$= 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2} \times \frac{100C}{(1m)^2}$

$= 9 \times 10^{11} NC^{-1}$

এখানে,

আধান, $q = 100\ C$

ধ্রুবক, $k = 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2}$

দূরত্ব, $r = 1m$

তড়িৎক্ষেত্রের তীব্রতা, $E = ?$

নির্ণেয় প্রাবল্যের মান $9 \times 10^{11} NC^{-1}$

২৪. বায়ুতে 50C চার্জ হতে 2m দূরত্বে কোন বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য নির্ণয় কর।

সমাধান:

আমরা জানি, $E = k.\frac{q}{r^2}$

$= 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2} \times \frac{50C}{(2m)^2}$

$= 11.25 \times 10^{10} NC^{-1}$

এখানে,

আধান, $q = 50\ C$

ধ্রুবক, $k = 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2}$

দূরত্ব, $r = 2m$

তড়িৎক্ষেত্রের তীব্রতা, $E = ?$

নির্ণেয় প্রাবল্যের মান $11.25 \times 10^{10} NC^{-1}$

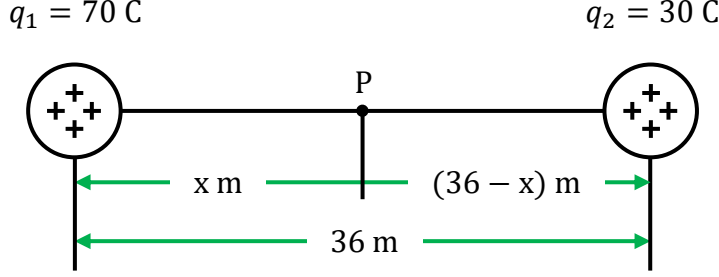
২৫. পরস্পর থেকে 36cm দূরত্বে অবস্থিত 270C ও 30C আধানের সংযোগ রেখার কোন বিন্দুতে তড়িৎ তীব্রতা শূন্য হবে?

সমাধান:

এখানে, q_1 ও q_2 উভয় গোলকই ধনাত্বক আধানযুক্ত। ফলে q_1 ও q_2 পরস্পরকে বিকর্ষণ করে। অতএব,

গোলকদ্বয়ের মধ্যবর্তী কোন বিন্দুতে তড়িৎ তীব্রতা শূন্য হবে।ধরি, q_1 আধান থেকে x cm দূরবর্তী P বিন্দুতে $q_1 = \pm 1$ আধান বসালে তীব্রতা শূন্য হবে।

সুতরাং P বিন্দু থেকে q_2 এর দূরত্ব $= (36 - x)$cm।

এখন, শর্তানুসারে, q_1 এর জন্য P বিন্দুর তীব্রতা $= q_2$ এর জন্য P বিন্দুর তীব্রতা,

$E_1 = E_2$

বা, $\frac{F_1}{q_1} = \frac{F_2}{q_2}$

বা, $k.\frac{270C \times q\,C}{x^2}.\frac{1}{q\,C} = k.\frac{30C \times q\,C}{(36-x)^2}.\frac{1}{q\,C}$

বা, $\frac{270}{x^2} = \frac{30}{(36-x)^2}$

বা, $270(36 - x)^2 = 30x^2$

বা, $9(36 - x)^2 = x^2$

বা, $\{3(36 - x)\}^2 = x^2$

বা, $3(36 - x) = x$

বা, $108 - 3x = x$

বা, $4x = 108$

বা,$x = 27$

q_1 আধান থেকে P বিন্দুর দূরত্ব 27 cm এবং q_2 আধান থেকে P বিন্দুর দূরত্ব $= (36 - 27)$ cm $=$ 9 cm।

অতএব, q_1 আধানবিশিষ্ট গোলক থেকে 27 cm এবং q_2 আধানবিশিষ্ট গোলক থেকে 9 cm দূরবর্তী বিন্দুতে তীব্রতা শূন্য হবে।

২৬. $20 \times 10^{-9}\, C$ এবং $-10 \times 10^{-9}\, C$ চার্জ বিশিষ্ট দুটি ক্ষুদ্রাকারের গোলকের মধ্যবর্তী দূরত্ব $20\, cm$। চার্জ দুটির ঠিক মধ্যবিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য কত হবে?

সমাধান:

এখানে, উভয় চার্জ হতে এদের সংযোগ রেখার মধ্যবিন্দুর দূরত্ব,$r = \frac{20\text{cm}}{2} = \frac{0.2\text{m}}{2} = 0.1\text{ m}$

এখানে,

১ম চার্জের জন্য, $q_1 = 20 \times 10^{-9}\text{ C}$

২য় চার্জের জন্য, $q_2 = -10 \times 10^{-9}\text{ C}$

ধ্রুবক, $k = 9 \times 10^9 \text{Nm}^2\text{C}^{-2}$

এখন প্রথম চার্জের জন্য মধ্যবিন্দুর প্রাবল্য,

$$E_1 = k.\frac{q_1}{r^2}$$

$$= 9 \times 10^9 \text{Nm}^2\text{C}^{-2} \times \frac{20 \times 10^{-9}\text{C}}{(0.1\text{m})^2} = 18 \times 10^3 \text{NC}^{-1}$$

এবং দ্বিতীয় চার্জের জন্য মধ্যবিন্দুর প্রাবল্য,

$$E_2 = k.\frac{q_2}{r^2}$$

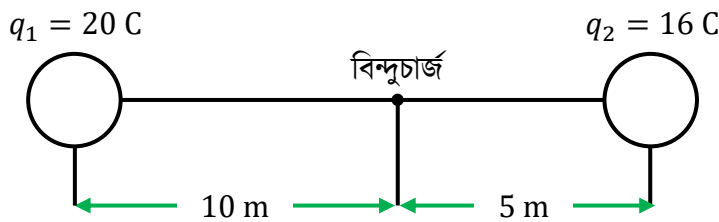
$$= 9 \times 10^9 \text{Nm}^2\text{C}^{-2} \times \frac{-10 \times 10^{-9}\text{C}}{(0.1\text{m})^2} = -9 \times 10^3 \text{NC}^{-1}$$

মধ্যবিন্দুর লব্ধি প্রাবল্য E হলে আমরা পাই,

$E = E_1 - E_2 = 18 \times 10^3 + 9 \times 10^3 = 2.7 \times 10^4 \text{ NC}^{-1}$

E_1 এর দিকে।

অতএব, লব্ধি প্রাবল্যের মান হবে $2.7 \times 10^4 \text{ NC}^{-1}$

২৭.

বিন্দু চার্জটি কোথায় সাম্যাবস্থায় থাকবে?

সমাধান:

১ম চার্জ, $q_1 = 20\ C$

২য় চার্জ, $q_2 = 16\ C$

চার্জদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব $= (10 + 5)\ cm = 15\ cm = 0.15\ m$

ধরি, q_1 থেকে $x\ cm$ দূরত্বে বিন্দুচার্জটি রাখলে সাম্যবস্থার সৃষ্টি হবে। অর্থাৎ, $E_1 = E_2$ হবে

বা, $\frac{q_1}{x^2} = \frac{q_2}{(0.15-x)^2}$

বা, $\frac{20}{x^2} = \frac{16}{(0.15-x)^2}$

বা, $\frac{20}{16} = (\frac{x}{0.15-x})^2$

বা, $\frac{x}{0.15-x} = \frac{\sqrt{5}}{2}$

বা, $2x = \sqrt{5} \times 0.15 - \sqrt{5}x$

বা, $2x + \sqrt{5}x = \frac{3\sqrt{5}}{20}$

বা, $x = 0.0792\ m = 7.92\ cm$

অতএব, বিন্দু চার্জটি q, চার্জ থেকে $7.92 cm$ দূরে রাখতে হবে। অতএব, q চার্জ থেকে $7.92\ cm$ দূরে বিন্দু চার্জটি রাখলে সাম্যাবস্থার সৃষ্টি হবে।

২৮. কত প্রাবল্যের একটি তড়িৎ ক্ষেত্রের মধ্যে একটি ইলেকট্রন স্থাপন করলে ইলেকট্রনটি তার ওজনের সমান বল অনুভব করবে?

সমাধান:

এখানে,

ইলেকট্রনের ভর, $m = 9.1 \times 10^{-11} kg$

আধান, $q = 1.6 \times 10^{-19}\ C$

প্রাবল্য, $E = ?$

আমরা জানি, $F = qE$

বা, $E = \frac{F}{q} = \frac{mg}{q}$

$= \frac{9.1\times10^{-11}kg\times9.8ms^{-2}}{1.6\times10^{-19}C}$

$= 5.57 \times 10^{-11} NC^{-1}$

অতএব, প্রাবল্যের মান $5.57 \times 10^{-11} NC^{-1}$

কাজ নির্ণয়:

২৯. দুটি বিন্দুর মধ্যে বিভর পার্থক্য 322 kV। এদের এক বিন্দু থেকে অন্য বিন্দুতে 9 μC চার্জ স্থানান্তর করলে কৃত কাজের পরিমাণ নির্ণয় কর।

সমাধান:

এখানে,

$V = 322\ kV = 322 \times 10^3\ V$

$q = 9\ \mu C = 9 \times 10^{-6} C$

$w = ?$

আমরা জানি, $w = qV$

$= 9 \times 10^{-6} C \times 322 \times 10^3 V$

$= 2898 \times 10^{-3} J$

$= 2.898 J$

অতএব, কৃত কাজের পরিমাণ 2.898J ।

৩০. A ও B দুটি বস্তুর বিভব যথাক্রমে 500 V ও 300 V হার্লে B থেকে A তে + 15 C আধান আনতে কৃতকাজের পরিমাণ নির্ণয় কর।

সমাধান:

এখানে,

A এর বিভব, $V_A = 500\ V$

B এর বিভব, $V_B = 300\ V$

আধান, $q = +15\ C$

কৃতকাজ, $W = ?$

আমরা জানি,

$V_A - V_B = \frac{W}{q}$

বা, $W = (V_A - V_B) \times q$

বা, $W = (500 - 300) V \times 15 C$

$= 3000 J$

অতএব, B থেকে A তে + 15C আধান আনতে কৃতকাজের পরিমাণ 3000 J।

ধারকের শক্তি নির্ণয়

৩১. 2.4 μF ধারকত্ব বিশিষ্ট একটি ইলেকট্রনিক যন্ত্রের টার্মিনালদ্বয়ের মধ্যে 3000 V বিভব পার্থক্য দেওয়া হলো। ধারকে সঞ্চিত শক্তির পরিমাণ কত

সমাধান:

এখানে,

বিভব পার্থক্য, $V = 3000 V$

ধারকত্ব, $C = 2.4\ \mu F = 2.4 \times 10^{-6} F$

সঞ্চিত শক্তি, $U = ?$

আমরা জানি, ধারকে সঞ্চিত শক্তি

$U = \frac{1}{2} CV^2$

$= \frac{1}{2} \times 2.4 \times 10^{-6} F \times (3000 V)^2$

$= 10.8 J$

অতএব, ধারকে সঞ্চিত শক্তির পরিমাণ 10.8 J।

৩২. 1.4 μF ধারকত্ব বিশিষ্ট একটি ইলেকট্রনিক যন্ত্রের টার্মিনালদ্বয়ের মধ্যে 3000 V বিভব পার্থক্য দেওয়া হলো। ধারকের সঞ্চিত শক্তির পরিমাণ কত?

সমাধান:

আমরা জানি,

$U = \frac{1}{2}CV^2$

$= \frac{1}{2} \times 2.4 \times 10^{-6}F \times (3000V)^2$

$= 6.3J$

অতএব, ধারকে সঞ্চিত শক্তির পরিমাণ 6.3J।

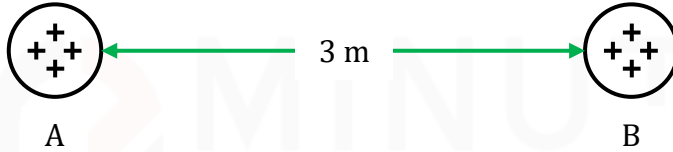
এখানে,

বিভব পার্থক্য, $V = 3000\ V$

ধারকত্ব, $C = 1.4\ \mu F = 1.4 \times 10^{-6}F$

সঞ্চিত শক্তি, $U = ?$

সৃজনশীল (CQ)

প্রশ্ন-১:

উপরের চিত্রে অসীম দূরত্ব থেকে A বস্তুর তড়িৎক্ষেত্রের 8C ধনাত্মক আধান আনতে 200J এবং B, বস্তুর তড়িক্ষেত্রে 10C আধান আনতে 250J কাজ সম্পন্ন হয়। **[হলি ক্রস উচ্চ বালিকা বিদালয়, ঢাকা।]**

ক. একটি বর্তনীতে E তড়িৎ চালকশক্তি। r অভ্যন্তরীন রোধ ও স্থির মানের রোধ R সংযুক্ত আছে। ঐ বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ নির্ণয়ের সূত্র লিখ।

খ. বর্তনীতে ফিউজ ব্যবহার করা হয় কেন?

গ. উদ্দীপকের আধানদ্বয়ের ভেতর ক্রিয়াশীল বলের মান নির্ণয় কর।

ঘ, A ও B কে পরিবাহী তার দ্বারা সংযুক্ত করলে বিদ্যুৎ ও ইলেকট্রন প্রবাহ কিরূপ হবে গাণিতিক যুক্তিসহ বিশ্লেষণ কর।

সমাধান:

ক) তড়িৎ প্রবাহ নির্ণয়ের সূত্রটি হলো, $I = \frac{E}{R+r}$

খ) তড়িৎ দূর্ঘটনা রোধ করার জন্য মূলত ফিউজ ব্যবহার হয়। ফিউজ একটি রোধক যার গলনাঙ্ক কম। বাসা বাড়িতে বৈদ্যতিক বর্তনীতে এটি ব্যবহার করা হয়। আমরা জানি, অতিরিক্ত বিদ্যুৎ প্রবাহের দরুন ইলেকট্রনিক যন্ত্রপাতি নষ্ট হয়। বর্তনীতে ফিউজ না থাকলে প্রয়োজনের বেশি বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রায় এটি ঘটে থাকে। ফিউজ

থাকলে প্রয়োজনের বেশি বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রা থাকলে ফিউজটি কেটে যায় এবং বিদ্যুৎ সংযোগ বিচ্ছিন্ন হয়। ফলে সম্ভাব্য ক্ষতির হাত থেকে যন্ত্রপাতি রক্ষা পায়। এ বিষয়টি নিশ্চিত করার জন্যই বর্তনীতে ফিউজ ব্যবহার করা হয়।

গ) আমরা জানি,

$F = C.\frac{q_A q_B}{d^2}$

$= 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2} \times \frac{200C \times 300C}{(3m)^2}$

$= 6 \times 10^{13} N$

এখানে,

A এর আধান, $q_A = 200\ C$

B এর আধান, $q_B = 300\ C$

A ও B এর মধ্যবর্তী দূরত্ব, $d = 3\ m$

ধ্রুবক, $C = 9 \times 10^9\ Nm^2C^{-2}$

ক্রিয়াশীল বল, $F = ?$

অতএব, A ও B এর মধ্যে ক্রিয়াশীল বল $6 \times 10^{13} N$

ঘ) অসীম হতে $q = +8C$ আধান A এর তড়িৎক্ষেত্রে আনতে কৃতকাজ, $W_A = 200J$

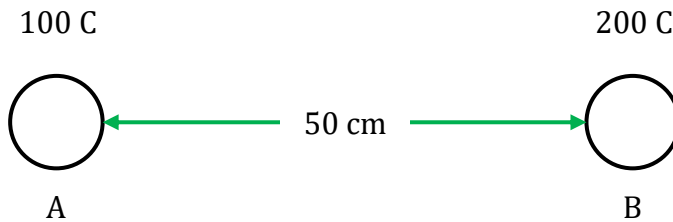
$\therefore$ A এর বিভব $V_A = \frac{W_A}{q} = \frac{200J}{8C} = 25\ V$

আবার, অসীম হতে $q = +10\ C$ আধান B এর তড়িৎক্ষেত্রে কৃতকাজ, $W_A = 250J$

$\therefore$ B এর বিভব, $V_B = \frac{W_B}{q} = \frac{250J}{10C} = 25\ V$

এখানে, $V_B = V_A$, অর্থাৎ B এর বিভব A এর বিভব সমান।

আমরা জানি, তড়িৎ প্রবহিত হয় উচ্চ বিভব থেকে নিম্ন বিভবের দিকে এবং ইলেকট্রন তড়িৎ প্রবাহের বিপরীত দিকে প্রবাহিত হয়। যেহেতু উভয় ক্ষেত্রে বিভব সমান তাই কোনোদিকে তড়িৎ প্রবাহ হবে না।

প্রশ্ন-২:

অসীম হতে 10 C আধান A ও B এর তড়িৎক্ষেত্রে আনতে কৃতকাজ যথাক্রমে 150 J এবং 300 J

[মনিপুর উচ্চ বিদ্যালয় ও কলেজ, ঢাকা]

ক. তড়িৎ ধারক কী?

খ. ঘর্ষণে কোন বস্তু আহিত হয়? ব্যাখ্যা কর।

গ. A এবং B এর মধ্যে ক্রিয়াশীল বল নির্ণয় কর।

ঘ. A ও B কে পরিবাহী তার দ্বারা যুক্ত করলে কী ঘটবে গণিতিক যুক্তিসহ ব্যাখ্যা কর।

সমাধান:

ক) কাছাকাছি স্থাপিত দুটি পরিবাহকের মধ্যবর্তী স্থানে অন্তরক পদার্থ রেখে তড়িৎ আধানরূপে শক্তি সঞ্চয় করে রাখার যান্ত্রিক কৌশলই তড়িৎ ধারক।

খ) স্বাভাবিক অবস্থায় পদার্থের পরমাণুতে ইলেকট্রন ও প্রোটন সমপরিমাণে থাকে। তবে প্রত্যেক পরমাণুরই প্রয়োজনের অতিরিক্ত ইলেকট্রনের প্রতি আসক্তি থাকে। তাই দুটি বস্তুর মধ্যে ঘর্ষণ হলে যে বস্তুর ইলেকট্রন আসক্তি বেশি সে বস্তু অপর বস্তুটি থেকে ইলেকট্রন সংগ্রহ করে ঋণাত্মক আধানে আহিত হয়। এভাবে ঘর্ষণের ফলে অনাহিত বস্তু তড়িৎগ্রস্ত হয়।

গ) আমরা জানি,

$F = C.\frac{q_A q_B}{d^2}$

$= 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2} \times \frac{100C \times 200C}{(0.5m)^2}$

$= 7.2 \times 10^{14} N$

এখানে,

A এর আধান, $q_A = 100$ C

B এর আধান, $q_B = 200$ C

A ও B এর মধ্যবর্তী দূরত্ব,

$d = 50$ cm $= 0.5$m

ধ্রুবক, $C = 9 \times 10^9$ Nm^2C^{-2}

ক্রিয়াশীল বল, $F = ?$

অতএব, A ও B এর মধ্যে ক্রিয়াশীল বল $7.2 \times 10^{14}N$

ঘ) অসীম হতে $q = +10C$ আধান A এর তড়িৎক্ষেত্রে আনতে কৃতকাজ, $W_A = 150J$

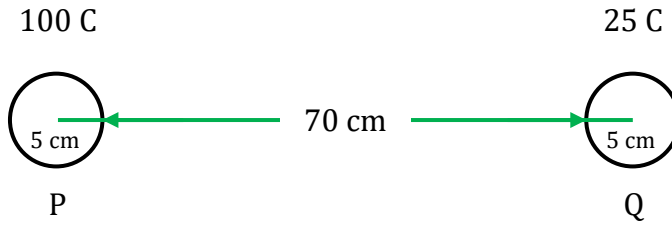
$\therefore$ A এর বিভব $V_A = \frac{W_A}{q} = \frac{150J}{10C} = 15$ V

আবার, অসীম হতে $q = +10$ C আধান B এর তড়িৎক্ষেত্রে কৃতকাজ, $W_A = 300J$

$\therefore$ B এর বিভব, $V_B = \frac{W_B}{q} = \frac{300J}{10C} = 30\ V$

এখানে, $V_B > V_A$, অর্থাৎ B এর বিভব A এর বিভৰ অপেক্ষা বেশি।

আমরা জানি, তড়িৎ প্রবাহিত হয় উচ্চ বিভব থেকে নিম্ন বিভবের দিকে এবং ইলেকট্রন তড়িৎ প্রবাহের বিপরীত দিকে প্রবাহিত হয়। সুতরাং ইলেক্ট্রন নিম্ন বিভব থেকে উচ্চ বিভবের দিকে প্রবাহিত হবে। যেহেতু A এর তুলনায় B এর বিভব বেশি সেহেতু ইলেকট্রন A থেকে B এর দিকে প্রবাহিত হবে।

প্রশ্ন- ৩:

[ফেনী সরকারি বালিকা উচ্চ বিদ্যালয়, ফেনী]

ক. তড়িৎ তীব্রতা কাকে বলে?

খ. নাইক্রোম তারের আপেক্ষিক রোধ $100 \times 10^{-8} \Omega m$ বলতে কী বোঝায়?

গ. P ও Q এর মধ্যকার- বল নির্ণয় কর।

ঘ. উদ্দীপকের বস্তুদ্বয়ের সংযোগ রেখার উপর 7C আধানবিশিষ্ট একটি আহিত বস্তু স্থাপন করলে এটি কোনো বল অনুভব করে না- গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

সমাধান:

ক) তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে একটি একক ধনাত্মক আধান স্থাপন করলে সেটি যে বল অনুভব করে তাকে ঐ বিন্দুর তড়িৎ তীব্রতা বলে।

খ) কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একক দৈর্ঘ্য ও একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষত্রফল বিশিষ্ট কোনো পরিবাহীর রোধকে ঐ তাপমাত্রায় এর উপাদানের আপেক্ষিক রোধ বলে। নাইক্রোম তারের আপেক্ষিক রোধ $100 \times 10^{-8}\ \Omega m$ বলতে বোঝায় 1m দৈর্ঘ্য ও $1m^2$ প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট নাইক্রোম তারের রোধ হবে $100 \times 10^{-8} \Omega - m$।

গ) আমরা জানি, $F = C.\frac{q_1q_2}{r^2}$

$= 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2} \times \frac{100C \times 25C}{(0.8m)^2}$

$= 3.52 \times 10^{13}N$

এখানে, আধান, $q_1 = 100\ C$

আধান, $q_2 = 25\ C$

দূরত্ব, $r = (70 + 5 + 5)cm$

$= 80cm = 0.8m$

ধ্রুবক, $C = 9 \times 10^9\ Nm^2C^{-2}$

বল, $F = ?$

অতএব, P ও Q এর মধ্যে বিকর্ষণ বল

$3.52 \times 10^{13}N$

ঘ) মনে করি, P গোলক থেকে $x\ cm$ অর্থাৎ Q গোলক থেকে $(80 - x)cm$ দূরে সংযোগ রেখার উপর $q = 7C$ আধান বিশিষ্ট আহিত বস্তু রাখলে তা কোনো বল অনুভব করবে না। এক্ষেত্রে P ও Q গোলকের জন্য ক্রিয়াশীল বল যথাক্রমে F_1 ও F_2 হলে,

$F_1 = F_2$

বা, $C.\frac{q_1q}{x^2} = C.\frac{q_1q}{(80-x)^2}$

বা, $\frac{q_1}{x^2} = \frac{q_2}{(80-x)^2}$

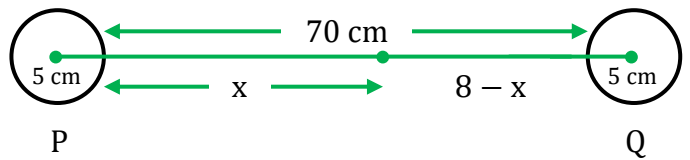
বা, $\frac{100}{25} = \frac{x^2}{(80-x)^2}$

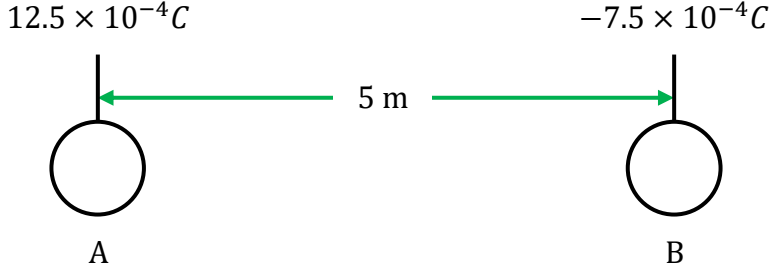
বা, $4 = \frac{x^2}{(80-x)^2}$

বা, $2 = \frac{x}{80-x}$

বা, $160 - 2x = x$

বা, $3x = 160$

বা, $x = 53.33\ cm$

অতএব, P গোলক থেকে 53.33 cm অর্থাৎ Q গোলক থেকে (80 – 53.33) cm বা 26.67 cm দূরে সংযোগ রেখার উপর আধান বিশিষ্ট গোলক স্থাপন করলে তা কোনো বল অনুভব করবে না।

প্রশ্ন–৪:

[চট্টগ্রাম কলেজিয়েট স্কুল, চট্টগ্রাম]

ক. তড়িৎ তীব্রতা কাকে বলে?

খ. সমান ও সমধর্মী ধনাত্মক চার্জের বেলায় তড়িৎ বলরেগা এঁকে ব্যাখ্যা কর।

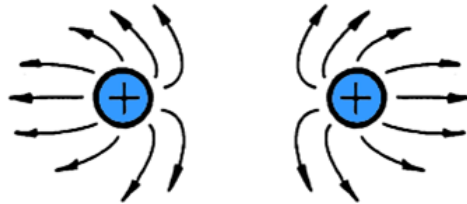
গ. A ও B চার্জদ্বয়ের মধ্যে কিয়াশীল বলের মান নির্ণয় কর।

ঘ. চার্জদ্বয়ের সংযোগ রেখার উপর কোনো বিন্দুতে বৈদ্যুতিক প্রাবল্য শূন্য হওয়া সম্ভব কিনা তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

সমাধান:

ক) তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে একটি একক ধনাত্মক আধান স্থাপন করলে সেটি যে বল অনুভব করে তাকে ঐ বিন্দুর তড়িৎ তীব্রতা বলে।

খ) সমান মানের দুটি ধনাত্মক আধান পাশাপাশি স্থাপন করলে এদের সৃষ্ট তড়িৎক্ষেত্রের বলরেখা চিত্রে দেখানো হলো। এক্ষেত্রে বলরেখাগুলো পরস্পর থেকে দূরে সরে যাবে, ফলে দুই আধানের মাঝখানে কোনো বলরেখা থাকে না।

চিত্রে এই স্থানকে x চিহ্ন দিয়ে দেখানো হলো। এই স্থানে কোনো আধান স্থাপন করলে সেটি কোন বল লাভ করবে না। এই বিন্দুকে নিরপেক্ষ বিন্দু বলা হয়।

গ) এখানে,

A বিন্দুতে আধান, $q_1 = 12.5 \times 10^{-6}$ C

B বিন্দুতে আধান, $q_2 = -7.5 \times 10^{-6}$ C

চার্জদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $d = 5m$

ধ্রুবক, $C = 9 \times 10^9\ Nm^2C^{-2}$

ক্রিয়াশীল বল, $F = ?$

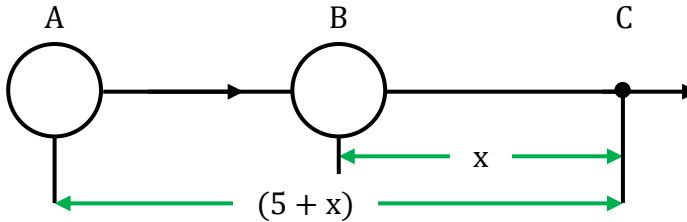
আমরা জানি,

$$F = C.\frac{q_1 q_2}{d^2}$$

$$= 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2} \times \frac{12.5 \times 10^{-6}C \times -7.5 \times 10^{-6}C}{(5m)^2}$$

$$= -0.03375N$$

অতএব, চার্জয়ের মধ্যে ক্রিয়াশীল আকর্ষণ বল 0.03375 N।

ঘ) মনে করি, B বিন্দু হতে x দূরত্বে এবং A বিন্দু থেকে (5 + x)। দূরত্বে অবস্থিত বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য হবে।

A বিন্দুর চার্জের জন্য C বিন্দুতে প্রাবল্য,

$E = C\frac{q_A}{(5+x)^2}$, AC বরাবর

আবার, B বিন্দুর চার্জের জন্য C বিন্দুতে প্রাবল্য,

$E_B = C\frac{q_B}{x^2}$, CB বরাবর

প্রশ্নমতে,

বা, $E_A = E_B$

বা, $\frac{q_A}{(5+x)^2} = \frac{q_B}{x^2}$

বা, $\frac{12.5\times10^{-6}}{(5+x)^2} = \frac{7.5\times10^{-6}}{x^2}$

বা, $\frac{x^2}{(5+x)^2} = \frac{7.5}{12.5}$

বা, $\frac{x}{5+x} = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{5}}$

বা, $\sqrt{5}x = 5\sqrt{3} + \sqrt{3}x$

বা, $(\sqrt{5} - \sqrt{3})x = 5\sqrt{3}$

বা, $x = \frac{5\sqrt{3}}{\sqrt{5}-\sqrt{3}}$

বা, $x = 17.18$ m

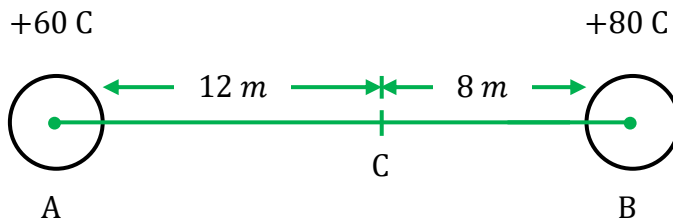
অতএব, B বিন্দু থেকে 17.18 m অর্থাৎ A বিন্দু থেকে $(5 + 17.18)$ m বা 22.18 m দূরে সংযোগ রেখার উপর কোনো বিন্দুতে প্রাবল্য শূন্য হবে।

প্রশ্ন-৫:

+60 C　　+80 C

12 m　　8 m

C

A　　B

[ডাঃ খাস্তগীর সরকারি বালিকা উচ্চ বিদ্যালয়]

ক. আপেক্ষিক রোধ কী?

খ. তড়িৎক্ষেত্রের সকল বিন্দুতে তীব্রতা সমান নয় কেন? ব্যাখ্যা কর।

গ. A ও B এর মধ্যে ক্রিয়াশীল বলের মান নির্ণয় কর।

ঘ. C বিন্দুতে একক ধনাত্মক চার্জ স্থাপন করলে A ও B এর কোনটির জন্য C বিন্দুতে তড়িৎ তীব্রতা বেশি হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

সমাধান:

ক) কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একক দৈর্ঘ্য ও একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট কোনো পরিবাহীর রোধই হলো ঐ তাপমাত্রায় ঐ পরিবাহীর উপাদানের আপেক্ষিক রোধ।

খ) আহিত বস্তুর চারদিকে যে অঞ্চল জুড়ে তড়িতের প্রভাব বিদ্যমান সেই অঞ্চলকেই উক্ত বস্তুর তড়িৎক্ষেত্র বলে। গাণিতিকভাবে,

তড়িৎক্ষেত্র, $E = \frac{F}{q} = \frac{1}{q}.\frac{C\times q^2}{r^2} = \frac{Cq}{r^2}$

$\therefore E \propto \frac{1}{r^2}$ [যেহেতু C ও q ধ্রুবক]

আবার, অনুভূত বল, $F = C.\frac{q_1 q_2}{r^2} = C.\frac{q}{r^2}$ [$\because q_1 = q_2 = q_3$]

সুতরাং দেখা যাচ্ছে যে, তড়িৎক্ষেত্র দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক, অর্থাৎ দূরত্ব কমলে তড়িৎক্ষেত্র বাড়ে এবং দূরত্ব বাড়লে তড়িৎক্ষেত্র কমে। সুতরাং যেহেতু তড়িৎক্ষেত্রের সকল বিন্দুতে দূরত্ব সমান নয়। তাই তড়িৎ ক্ষেত্রও সমান নয়।

গ) এখানে, A চার্জের আধান, $q_A = +60\ C$

B চার্জের আধান, $q_B = +80\ C$

A ও B এর মধ্যবর্তী দূরত্ব, $d = (12+8)m = 20m$

ধ্রুবক, $C = 9\times 10^9\ Nm^2C^{-2}$

ক্রিয়াশীল বল, $F = ?$

আমরা জানি, $F = C.\frac{q_A q_B}{d^2}$

$= 9\times 10^9 Nm^2C^{-2} \times \frac{60C\times 80C}{(20m)^2}$

$= 1.08\times 10^{11}N$

সুতরাং চার্জদ্বয়ের মধ্যে ক্রিয়াশীল বলের মান $1.08\times 10^{11}N$।

ঘ) মনে করি, A চার্জের জন্য C বিন্দুতে তীব্রতা E_A

এবং B চার্জের জন্য C বিন্দুতে তীব্রতা E_B

A এর আধান, $q_A = +60\text{ C}$

B এর আধান, $q_B = +80\text{ C}$

C এর আধান, $q = 1\text{C}$

A থেকে C এর দূরত্ব, $d_A = 12\text{m}$

B থেকে C এর দূরত, $d_B = 8\text{ m}$

কুলম্ব ধ্রুবক, $C = 9 \times 10^9\text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$

আমরা জানি,

$$E_A = \frac{F_A}{q}$$

$$= \frac{C\frac{q_A q}{d_A^2}}{q} = \frac{Cq_A q}{d_A^2 q} = \frac{Cq_A}{d_A^2}$$

$$= \frac{9 \times 10^9\text{Nm}^2\text{C}^{-2} \times 60\text{C}}{(12\text{m})^2} = 3.75 \times 10^9\text{NC}^{-1}$$

আবার,

$$E_B = \frac{F_B}{q} = \frac{C\frac{q_B q}{d_B^2}}{q}$$

$$= \frac{Cq_B q}{d_B^2 q} = \frac{Cq_B}{d_B^2}$$

$$= \frac{9 \times 10^9\text{Nm}^2\text{C}^{-2} \times 80\text{C}}{(8\text{m})^2} = 1.125 \times 10^{10}\text{NC}^{-1}$$

অর্থাৎ $E_B > E_A$.

অতএব উপরের গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে বলা যায় যে, A ও B চার্জদ্বয়ের মাঝে C বিন্দুতে একক আধান স্থাপন করলে, B চার্জের জন্য C বিন্দুতে তীব্রতা বেশি হবে।

প্রশ্ন-৬: A বিন্দুতে +112 nC এবং B বিন্দুতে - 7 nC মানের দুটি চার্জ পরস্পর হতে 600 cm দূরে স্থাপন করা আছে।

[বাংলাদেশ মহিলা সমিতি বালিকা উচ্চ বিদ্যালয়, চট্টগ্রাম]

ক. 1 ohm কাকে বলে?

খ. উঁচু বিল্ডিং এ বজ্র নিরোধক দণ্ড কেন ব্যবহার করা হয় ব্যাখ্যা কর।

গ. A বিন্দুর আধানের জন্য B বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য নির্ণয় কর।

ঘ. A ও B এর সংযোজক সরলরেখা কোন বিন্দুতে চার্জদ্বয়ের কারণে সৃষ্ট তড়িৎ তীব্রতা শূন্য হবে- গাণিতিক বিশ্লেষণ কর।

সমাধান:

ক) কোনো পরিবাহকের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য এক ভোল্ট হলে তার মধ্যদিয়ে যদি 1A তড়িৎ প্রবাহ চলে তবে তার রোধই হবে 1 ohm।

খ) বজ্র নিরোধক দণ্ড হলো লোহার তৈরি একটি রড। এটি বাসাবাড়ির ছাদে লাগানো থাকে। লোহা বিদ্যুৎ সুপরিবাহী। এ কারণে বজ্র নিরোধক দণ্ড হিসেবে লোহা ব্যবহার করা হয়। কারণ বাসাবাড়িতে বজ্রপাত ঘটলে তা লোহার ভেতর দিয়ে সহজেই ভূমিতে চলে যেতে পারে। এতে বাসাবাড়ি সুরক্ষিত থাকে। তাই বাসাবাড়িতে বজ্র নিরোধক দণ্ড ব্যবহার করা হয়।

গ) আমরা জানি, $E = C \times \frac{q_1}{d^2}$

$= 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2} \times \frac{112 \times 10^{-9} C}{(6m)^2}$

$= 28NC^{-1}$

A বিন্দুর আধান, $q_1 = 112\ nC$

$= +112 \times 10^{-9} C$

B বিন্দুর আধান, $q_2 = -7\ nC$

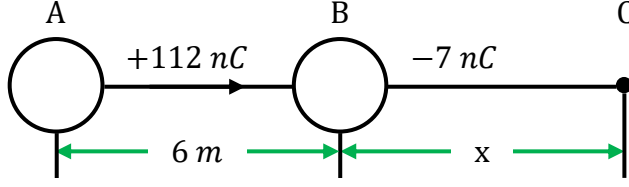
$= -7 \times 10^{-9} C$

দূরত্ব, $d = 600\ cm = 6m$

ধ্রুবক, $C = 9 \times 10^9\ Nm^2C^{-2}$

তড়িৎ প্রাবল্য, $E = ?$

অতএব, A বিন্দুর আধানের জন্য B বিন্দুর তড়িৎ প্রাবল্য $28NC^{-1}$

ঘ) মনে করি, B বিন্দু হতে x মিটার দূরত্বে অর্থাৎ A বিন্দু হতে $(6+x)$ দূরত্বের কোনো বিন্দু C তে তড়িৎ তীব্রতা শূন্য।

A বিন্দুর আধানের জন্য C বিন্দুর তড়িৎ তীব্রতা

$$E_A = C \times \frac{q_1}{(6+x)^2}$$

আবার, B বিন্দুর আধানের জন্য C বিন্দুর তড়িৎ তীব্রতা

$$E_B = C \times \frac{q_2}{x^2}$$

প্রশ্নমতে, $E_A = E_B$

বা, $\frac{Cq_1}{(6+x)^2} = \frac{Cq_2}{x^2}$

বা, $\frac{q_1}{(6+x)^2} = \frac{q_2}{x^2}$

বা, $\frac{x^2}{(6+x)^2} = \frac{q_2}{q_1}$

বা, $\frac{x^2}{(6+x)^2} = \frac{7nC}{112nC}$

বা, $\left(\frac{x}{6+x}\right)^2 = \frac{1}{16}$

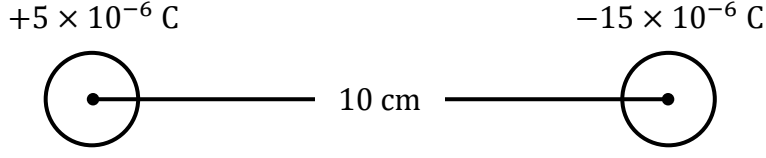
বা, $\frac{x}{6+x} = \frac{1}{4}$

বা, $4x = 6 + x$

বা, $3x = 6$

বা, $x = \frac{6}{3} = 2$

অতএব, B বিন্দু হতে 2 m দূরত্বে এবং A বিন্দু হতে $6 + 2 = 8$m দূরত্বে চার্জদ্বয়ে সৃষ্ট তড়িৎ তীব্রতার মান শূন্য।

প্রশ্ন-০৭:

[ইস্পাহানী পাবলিক স্কুল ও কলেজ, চট্টগ্রাম]

ক. সমন্বিত বর্তনী কাকে বলে?

খ. এডিসন ক্রিয়া বলতে কী বুঝ?

গ. ক্রিয়াশীল বলের মান ও প্রকৃতি নির্ণয় কর।

ঘ. বল দুটি স্পর্শ করানোর পর পূর্বের ব্যবধানে রাখলে ক্রিয়াশীল বলের মানের কোনো পরিবর্তন হবে কি? ব্যাখ্যা কর।

সমাধান:

ক) সমন্বিত বর্তনী বা IC হলো সিলিকনের মত অর্ধপরিবাহী ব্যবহার করে তৈরি এমন একটি নির্মাণ যাতে আমাদের আঙুলের নখের সমান জায়গায় লক্ষ লক্ষ আণুবীক্ষণিক তড়িৎ বর্তনী সংযুক্ত থাকে।

খ) এডিসন যখন তড়িৎবাতি নিয়ে কাজ করছিলেন তখন একটি জিনিস তাকে খুব বিব্রত করছিল। তার বাতির কার্বন ফিলামেন্টের ধনাত্মক প্রান্ত বার বার পুড়ে যাচ্ছিল। এ অসুবিধা দূর করার জন্য তিনি ফিলামেন্টের সাথে একটি প্লেট সিল করে ঢুকিয়ে দিলেন। তিনি দেখতে পান ফিলামেন্ট সাপেক্ষে প্লেটকে যখন ধনাত্মক বিভব দেওয়া হচ্ছে ভ্যাকুয়াম টিউবের মধ্য দিয়ে একটি তড়িৎপ্রবাহ চলে। কিন্তু প্লেটকে ঋণাত্মক বিভব দিলে তড়িৎপ্রবাহ চলে না। এডিসন বিষয়টির ব্যাখ্যা এভাবে দেন, যেহেতু উত্তপ্ত ফিলামেন্ট থেকে নিঃসৃত আধান ধনাত্মক প্লেটের দিকে যায়, সুতরাং এ. আধান ঋণাত্মক। প্লেট ঋণাত্মক হলে ঐ নিঃসৃত আধানকে বিকর্ষণ করে ফলে বর্তনীতে কোনো তড়িৎপ্রবাহ থাকে না। এটিই এডিসন ক্রিয়া নামে পরিচিত।

গ) এখানে, ১ম বলের চার্জ, $q_1 = +5 \times 10^{-6}$ C

২য় বলের চার্জ, $q_2 = -15 \times 10^{-6}$ C

দূরত্ব, $r = 10\text{cm} = 0.1\text{m}$

ধ্রুবক, $C = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$

ক্রিয়াশীল বল, $F = ?$

আমরা জানি, $F = C.\frac{q_1 q_2}{r^2}$

$$= 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2} \times \frac{5 \times 10^{-6}C \times -15 \times 10^{-6}C}{(0.1m)^2}$$

$= -67.5N$

অতএব, ক্রিয়াশীল আকর্ষণ বলের মান 67.5 N

ঘ) এখানে, ১ম বলের চার্জ, $q_1 = +5 \times 10^{-6}$ C

২য় বলের চার্জ, $q_2 = -15 \times 10^{-6}$ C

দূরত্ব, $d = (12 + 8)m = 20m$

ধ্রুবক, $C = 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2}$

বল দুটিকে স্পর্শ করানোর পর তাদের চার্জের মান হবে

$$q_1' = q_2' = \frac{5 \times 10^{-6} + (-15 \times 10^{-6})}{2} C = -5 \times 10^{-6}C$$

এক্ষেত্রে, চার্জদ্বয়ের মধ্যে ক্রিয়াশীল বল F' হলে,

$$F' = C\frac{q_1' q_2'}{r^2}$$

$$= 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2} \times \frac{-5 \times 10^{-6}C \times -5 \times 10^{-6}C}{(0.1m)^2}$$

$= 22.2N$

অর্থাৎ বিকর্ষণ বল, $F' = 22.5$ N

গ নং থেকে পাই পূর্বের আকর্ষণ, $F = 67.5$ N

এখন, $\frac{F}{F'} = \frac{67.5}{22.5} = 3$

বা, $F' = \frac{1}{3}F$

অতএব, বল দুটিকে স্পর্শ করানোর পর পূর্বের ব্যবধানে রাখলে বলের প্রকৃতি হবে বিকর্ষণ ধর্মী এবং বলের মান হবে পূর্বের আকর্ষণ বলের মান এক তৃতীয়াংশ।

প্রশ্ন-৮:

দুটি চার্জিত বস্তুর মধ্যবর্তী দূরত্ব 8 m। এদের আধান যথক্রমে 7.5C ও 12C। চার্জ দুইটির মাঝে একটি বিন্দু C যেখানে তড়িৎ তীব্রতা শূন্য। **[নাসিরাবাদ সরকারি উচ্চ বিদ্যালয়, চট্টগ্রাম]**

ক. তড়িৎ আবেশ কী?

খ. পৃথিবীর বিভব শূন্য ধরা হয় কেন?

গ. চার্জদ্বয়ের মধ্যবর্তী বলের মান নির্ণয় কর।

ঘ. P বিন্দুটি চার্জদ্বয়ের মধ্যবিন্দু কিনা? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

সমাধান:

ক) একটি আহিত বস্তুর কাছে এনে স্পর্শ না করে শুধুমাত্র এর উপস্থিতিতে কোনো অনাহিত বস্তুকে আহিত করার পদ্ধতিই তড়িৎ আবেশ।

খ) কোনো একটি ছোট আকারের পরিবাহক ধনাত্মক আধান লাভ করলে এর বিভব বৃদ্ধি পায় এবং এর পরিমাণ নির্ণয় করা যায়। কিন্তু পরিবাহকটি যদি অতি বিশাল আকারের গোলক হয় তাহলে এতে ধনাত্মক আধান বৃদ্ধির কারণে বিভবান্তর পরিলক্ষিত হয় না। আমাদের পৃথিবী এমনি একটি বিশাল আকারের পরিবাহক। পৃথিবী একটি ঋণাত্মক আধানের বিশাল ভাণ্ডার। তাই এ থেকে কিছু ইলেকট্রন বের করে নিলে অথবা এতে কিছু ইলেকট্রন দিলে এর বিভবের কোনো পরিবর্তন হয় না। সেজন্য পৃথিবীর বিভবকে শূন্য ধরা হয়।

১ম চার্জ, $q_1 = 7.5C$

২য় চার্জ, $q_2 = 12C$

দূরত্ব, $r = 8m$

ধ্রুবক, $C = 9 \times 10^9 \ Nm^2C^{-2}$

ক্রিয়াশীল বল, $F = ?$

গ) আমরা জানি, $F = C.\frac{q_1 q_2}{r^2}$

$= 9 \times 10^9 Nm^2C^{-2} \times \frac{7.5C \times 12C}{(8m)^2}$

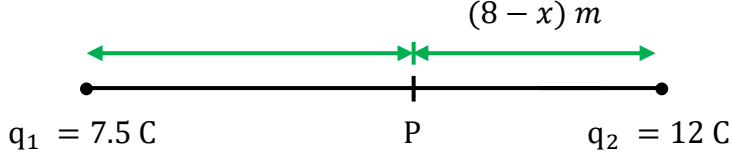
$= 12.66 \times 10^9 N$

অতএব, চার্জদ্বয়ের মধ্যবর্তী বনের মান $12.66 \times 10^9 N$।

ঘ) এখানে, ১ম চার্জ, $q_1 = 7.5 \ C$

২য় চার্জ, $q_2 = 12 \ C$

দূরত্ব, $r = 8m$

$\therefore$ চার্জ দুটি থেকে চার্জ দুটির মধ্যবিন্দুর দুরত্ব $= \frac{8}{2}m = 4\ m$

ধরি, P বিন্দুটি q_1 চার্জ থেকে $x\ m$ দূরে।

অর্থাৎ, q_1 চার্জ থেকে $(8 - x)\ m$ দূরে অবস্থিত।

এখন, q_1 চার্জের জন্য P বিন্দুতে তড়িৎ তীব্রতা,

$$E_1 = C.\frac{q_1}{x^2}$$

আবার, q_2 চার্জের জন্য P বিন্দুতে তড়িৎ তীব্রতা,

$$E_2 = C.\frac{q_2}{(8-x)^2}$$

এখন, P বিন্দুর তড়িৎ তীব্রতা শূন্য বলে,

$E_1 = E_2$

বা, $C.\frac{q_1}{x^2} = C.\frac{q_2}{(8-x)^2}$

বা, $\frac{q_1}{q_2} = \frac{x^2}{(8-x)^2}$

বা, $\frac{7.5}{12} = \left(\frac{x}{8-x}\right)^2$

বা, $\frac{\sqrt{10}}{4} = \frac{x}{8-x}$

বা, $4x = 8\sqrt{10} - \sqrt{10}x$

বা, $(4 + \sqrt{10})x = 8\sqrt{10}$

বা, $x = \frac{8\sqrt{10}}{4+\sqrt{10}}$

বা, $x = 3.53\ m$

এখানে, $x \neq 4\ m$

অতএব, P চার্জ দুটির মধ্যবিন্দু নয়।

প্রশ্ন-৯:

সমান আকার ও একই ধাতুর তৈরি দুটি বল A ও B কে পরস্পর 15 cm দূরত্বে স্থাপন করা হয়েছে।

জালালাবাদ ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ, সিলেট

ক. ETT কী?

খ. একটি তারের আপেক্ষিক রোধ $1.3 \times 10^{-5} \Omega$ m বলতে কী বুঝ?

গ. A ও B এর মধ্যে ক্রিয়াশীল বল নির্ণয় কর।

ঘ A ও B কে ধাতুর তার দ্বারা সংযোগ দিলে ক্রিয়াশীল বল কীরূপ হবে তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

সমাধান:

ক) ইটিটি এর পূর্ণরূপ Exercise Tolerance Test।

খ) কোনো নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একক দৈর্ঘ্য ও একক প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট কোনো পরিবাহীর রোধকে ঐ তাপমাত্রায় এর উপাদানের আপেক্ষিক রোধ বলে। তামার আপেক্ষিক রোধ $1.3 \times 10^{-5} \Omega$ m বলতে বোঝায় 1 m দৈর্ঘ্য ও 1 m^2 প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট রুপার তারের রোধ হবে $1.3 \times 10^{-5} \Omega$.
আপেক্ষিক রোধ সর্বদা পরিবাহীর উপাদানের হয়।

গ) এখানে, A ধাতব বলের চার্জ, $q_1 = 80C$

B ধাতব বলের চার্জ, $q_2 = 30C$

মধ্যবর্তী দূরত্ব, $d = 15cm = 0.15m$

কুলম্ব ধ্রুবক, $C = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$

ক্রিয়াশীল বল, $F = ?$

আমরা জানি, $F = C.\frac{q_1 q_2}{d^2}$

$= 9 \times 10^9 \text{Nm}^2\text{C}^{-2} \times \frac{80C \times 30C}{(0.15m)^2}$

$= 9.6 \times 10^{14}$N

অতএব, A ও B এর মধ্যকার আকর্ষণ বল 9.6×10^{14}N।

ঘ) A ও B ধাতব বল দুটিকে তার দিয়ে সংযুক্ত করলে এদের মধ্যে আধানের স্থানান্তর ঘটবে। A ও B ধাতব বলের আকার সমান ও একই উপাদানে তৈরি বলে উভয় বলের আধান সমান হওয়ার পূর্ব পর্যন্ত আধান A বল হতে B বলে স্থানান্তরিত হবে।

∴ উভয় বলের পরিবর্তিত ও চূড়ান্ত আধানের মান হবে, $q = \frac{q_1+q_2}{2}$

$$\frac{80\text{C} - 30\text{ C}}{2} = 25\text{ C}$$

∴ A বলের আধান, $q_1' = 25$ C

B বলের আধান, $q_2' = 25$ C

মধ্যবর্তী দূরত্ব, $d = 15$ cm $= 0.15$m

কুলম্ব ধ্রুবক, $C = 9 \times 10^9$ Nm^{2}C^{-2}

এক্ষেত্রে, চার্জদ্বয় সমধর্মী হওয়ায় বিকর্ষণ বল ক্রিয়া করবে।

আমরা জানি,

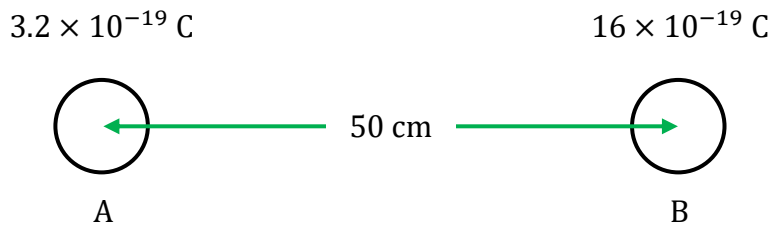
$$F' = C.\frac{q2}{r^2} = 9 \times 10^9 \text{Nm}^2\text{C}^{-2} \times \frac{25\text{C} \times 25\text{C}}{(0.15\text{m})^2} = 2.5 \times 10^{14}\text{N}$$

গ নং হতে পাই, A ও B এর মধ্যবর্তী আকর্ষণ বল,

$F = 9.6 \times 10^{14}$N

অর্থাৎ, $F > F'$

যেহেতু পূর্বের আকর্ষণ বল তার দ্বারা সংযুক্ত করার পরের বিকর্ষন বলের চেয়ে বেশি সেহেতু বলের মানের পরিবর্তন ঘটবে।

প্রশ্ন-১০:

[ব্লু-বার্ড স্কুল এন্ড কলেজ, সিলেট]

ক. তড়িৎ আধান সম্পর্কিত কুলম্ব এর সূত্র লিখ।

খ. দূর দূরান্তে তড়িৎ প্রেরণের জন্য কোন ধরনের ট্রান্সফরমার ব্যবহৃত হয়? কেন?

গ. A ও B এর মধ্যে আকর্ষণ বা বিকর্ষণ কত বল দ্বারা ঘটবে?

ঘ. দুটি বস্তুর মধ্যকার কোন বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য হবে?

সমাধান:

ক) কুলম্বের সূত্রটি হলো- নির্দিষ্ট মাধ্যমে দুটি বিন্দু আধানের মধ্যে ক্রিয়াশীল আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বলের মান আধানদ্বয়ের গুণফলের সমানুপাতিক, মধ্যবর্তী দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক এবং এ বল এদের সংযোজক সরলরেখা বরাবর ক্রিয়া করে।

খ) দূর দূরান্তে তড়িৎ প্রেরণের জন্য স্টেপ আপ ট্রান্সফর্মার ব্যবহার করা হয়।

আমরা জানি, বিদ্যুৎ কেন্দ্রে বিদ্যুৎ শক্তি নিম্ন ভোল্টেজে উৎপাদন করা হয়। পরে এ ভোল্টেজকে স্টেপ আপ ট্রান্সফর্মারের সাহায্যে উচ্চ ভোল্টেজে রূপান্তরিত করা হয়। বিদ্যুৎ সঞ্চালনের জন্য যেসব পরিবাহী তার ব্যবহার করা হয় তাদের একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ রোধ থাকে। ফলে এ রোধকে অতিক্রমের জন্য তড়িৎশক্তির একটি অংশ তাপে রূপান্তরিত হয়। অর্থাৎ শক্তির লস বা ক্ষয় হয়। এ লসই হলো তড়িতের সিস্টেম লস। উচ্চ ভোল্টেজে বিদ্যুৎ সঞ্চালনের ফলে বিদ্যুৎ গ্রিড তথা পরিবাহীর রোধের কারণে যে লস হয় তা অনেকাংশে কমে যায়। একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ বিদ্যুৎশক্তির জন্য, উচ্চ ভোল্টেজে বিদ্যুৎ সঞ্চালনের ফলে তড়িৎ প্রবাহের মান কম হয়। এর ফলে রোধজনিত লসের পরিমাণও কমে যায়। এজন্যই দুর-দুরান্তে তড়িৎ প্রেরণের জন্য ভোল্টেজ বৃদ্ধি করে তড়িৎ প্রবাহ হ্রাস করা হয়।

যা স্টেপ আপ ট্রান্সফর্মারের মাধ্যমে সহজেই করা যায়।

গ) এখানে, A এর আধান, $q_A = 3.2 \times 10^{-19}$ C

B এর আধান, $q_B = 1.6 \times 10^{-19}$ C

A ও B এর মধ্যবর্তী দূরত্ব, $r = 50$ cm $= 0.5$m

ধ্রুবক, $C = 9 \times 10^9$ Nm^2C^{-2}

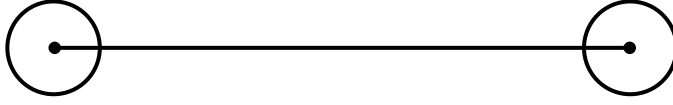
ক্রিয়াশীল বল, $F = ?$

আমরা জানি, $F = C.\frac{q_A q_B}{r^2}$

$= 9 \times 10^{9}\text{Nm}^2\text{C}^{-2} \times \frac{3.2 \times 10^{-19}\text{C} \times 1.6 \times 10^{-19}\text{C}}{(0.5\text{m})^2}$

$= 1.8432 \times 10^{-27}\text{N}$

অতএব, A ও B এর মধ্যে ক্রিয়াশীল বিকর্ষণ বল $1.8432 \times 10^{-27}\text{N}$

ঘ) মনে করি, A বস্তু থেকে x দূরত্বে P বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য হবে।

P বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য যথাক্রমে E_A ও E_B হলে,

$E_A = E_B$

বা, $C.\frac{q_A}{x^2} = C.\frac{q_B}{(0.5-x)^2}$

বা, $\frac{q_A}{q_B} = \frac{x^2}{(0.5-x)^2}$

বা, $\frac{3.2\times10^{-19}}{1.6\times10^{-19}} = \left(\frac{x}{0.5-x}\right)^2$

বা, $\sqrt{2} = \frac{x}{0.5-x}$

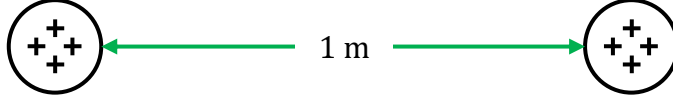
বা, $x = \frac{1}{\sqrt{2}} - \sqrt{2}x$

বা, $(1+\sqrt{2})x = \frac{1}{\sqrt{2}}$

বা, $x = \frac{1}{\sqrt{2}(1+\sqrt{2})}$

বা, $x = 0.293\ m$

অতএব, A গোলক থেকে 0.293 m অর্থাৎ B গোলক থেকে (0.5 − 0.293) m বা, 0.207 m দূরবর্তী A ও B এর সংযোগ রেখার উপর অবস্থিত বিন্দুতে তড়িৎ প্রাবল্য শূন্য হবে।

প্রশ্ন-১১:

A ও B বস্তুর আধান যথাক্রমে 10 C ও 30 C।

[বিএএফ শাহীন কলেজ, শমশেরনগর, মৌলভীবাজার]

ক. সলিনয়েড কী?

খ. ট্রান্সফর্মার দ্বারা কি কি কাজ করা হয়?

গ. A ও B বস্তুর মধ্যবর্তী বলের মান কত?

ঘ. B বস্তুটির সাহায্যে কোনো প্রবাহিত পরিবাহককে ধনাত্মক আধানে আহিত করা সম্ভব কি? চিত্রসহ ব্যাখ্যা কর।

সমাধান:

ক) সলিনয়েডে হচ্ছে কাছাকাছি বা ঘন সন্নিবিষ্ট অনেকগুলো প্যাঁচযুক্ত লম্বা বেলনাকার কয়েল বা তার কুণ্ডলী। যার অভ্যন্তরে তড়িৎ বলরেখাগুলো সমান্তরালে থাকে।

খ) ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা অনুসারে বিভব ও তড়িৎ প্রবাহ পরিবর্তন করার জন্য বৈদ্যুতিক বর্তনীতে ট্রান্সফর্মার ব্যবহৃত হয়। উৎপন্ন তড়িৎ দূর দূরান্তে প্রেরণের জন্য উচ্চ বিভব ও নিম্ন প্রবাহের প্রয়োজন। কারণ উচ্চ প্রবাহে সঞ্চালন লাইনের রোধের মধ্যদিয়ে তাপশক্তির মাধ্যমে শক্তির ক্ষয় কম হয়। তাই উৎপন্ন নিম্ন বিভবের উচ্চ প্রবাহকে আরোহী ট্রান্সফর্মারের মাধ্যমে পরিবর্তন করে সঞ্চালন লাইনে প্রেরণ করা হয়। হাই ভোল্টেজ যন্ত্রপাতি চালানোর জন্য কল-কারখানায়ও আরোহী ট্রান্সফর্মার ব্যবহৃত হয়। আবার বাসাবাড়ি ও সাধারণ ইলেকট্রনিক্স যন্ত্রপাতি নিম্ন ভোল্টেজে চলে বলে বন্টন লাইনে অবরোহী ট্রান্সফর্মার ব্যবহৃত হয়।

গ) এখানে, A বস্তুর আধান, $Q_1 = 10\ C$

B বস্তুর আধান, $Q_2 = 30\ C$

A ও B এর মধ্যবর্তী দূরত্ব, $d = 1\ m$

ধ্রুবক, $C = 9 \times 10^9\ Nm^2C^{-2}$

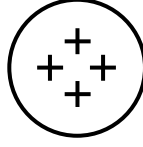
ক্রিয়াশীল বল, $F = ?$

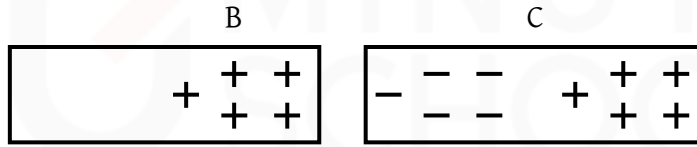
আমরা জানি, $F = C.\frac{Q_1 \times Q_2}{d^2}$

$$= 9 \times 10^9 \text{Nm}^2\text{C}^{-2} \times \frac{10\text{C} \times 30\text{C}}{(1\text{m})^2}$$

$$= 2.7 \times 10^{12}\text{N}$$

$\therefore$ A ও B এর মধ্যবর্তী বিকর্ষণ বল $2.7 \times 10^{12}\text{N}$

ঘ) এখানে, B বস্তুটি ধনাত্মক আধানে আহিত একটি বস্তু

এর সাহায্যে আমরা অন্য কোনো পরিবাহককে আবেশ প্রক্রিয়ায় আহিত করতে পারি। একটি আহিত বস্তুর কাছে এনে স্পর্শ না করে শুধুমাত্র এর উপস্থিতিতে কোনো অনাহিত বস্তুকে আহিত করার পদ্ধতিকে তড়িৎ আবেশ বলে।

B C

এখন, B বস্তুকে কোনো অনাহিত পরিবাহক C এর কাছে আনলে B বস্তুটি ধনাত্মক হওয়ায় C পরিবাহীর ঐ প্রান্তে ঋণাত্মক আধান চলে আসবে। ফলে C পরিবাহীর ঐ প্রান্তে ইলেকট্রন ঘাটতি থাকার কারণে ধনাত্মক চার্জ হবে। এখন একটি আধান সংগ্রাহক দিয়ে ঐ প্রান্ত থেকে কিছু আধান সংগ্রহ করে পরীক্ষা করা হলে এর সত্যতা প্রমাণিত হয়। এখানে সমপরিমাণ বিপরীত আধান শুধু দুই প্রান্তে সরে গেছে। যতক্ষণ B বস্তুটি ওখানে রাখা থাকবে ততক্ষণ C বস্তুতে আধান থাকবে। B বস্তুটি সরালে বস্তুটি আবার নিষ্ক্রিয় হয়ে যাবে।

বহুনির্বাচনী (MCQ)

১। আধান কিসের মৌলিক ধর্ম?

(ক) ইলেকট্রন　(খ) প্রোটন
(গ) ইলেকট্রন ও প্রোটনের　(ঘ) ইলেকট্রন ও নিউট্রনের　উত্তর:

২। নিচের কোনটি পরস্পরের উপর বল প্রয়োগ করে?

(ক) আহিত বস্তু　(খ) অনাহিত বস্তু　(গ) তড়িৎ নিরপেক্ষ বস্তু　(ঘ) চার্জহীন বস্তু　উত্তর:

৩। পৃথিবীতে পরমাণুর সংখ্যা কতটি?

(ক) 116　(খ) 117　(গ) 118　(ঘ) 199　উত্তর:

৪। কাচদণ্ডকে সিল্ক কাপড় দ্বারা ঘষলে ঋণাত্মক আধানে আহিত হয় কেন?

(ক) সিল্ক হালকা বলে　(খ) সিল্কের পারমাণবিক ভর কম বলে
(গ) সিল্কের ইলেকট্রন আসক্তি কম বলে　(ঘ) সিল্কের ইলেকট্রন আসক্তি বেশি বলে　উত্তর:

৫। পরমাণু কিসের প্রতি আসক্তি থাকে?

(ক) ইলেকট্রন　(খ) প্রোটন　(গ) নিউট্রন　(ঘ) পজিট্রন　উত্তর:

৬। একটি কাচদণ্ডকে রেশম দ্বারা ঘষলে কোনটি কোন আধানে আহিত হয়?

(ক) উভয়ই ধনাত্মক আধানে
(খ) উভয়ই ঋণাত্মক আধানে
(গ) রেশম ধনাত্মক এবং কাচদণ্ড ঋণাত্মক আধানে
(ঘ) রেশম ঋণাত্মক এবং কাচদণ্ড ধনাত্মক আধানে　উত্তর:

৭। তাড়িত চৌম্বক আবেশে উৎপন্ন আবিষ্ট তড়িৎ ও ভোল্টেজ–

(ক) ক্ষণস্থায়ী　(খ) স্থায়ী　(গ) সর্বদা ক্রমবর্ধমান　(ঘ) সর্বদা ক্রমহ্রাসমান　উত্তর:

৮। কাচদণ্ড সরিয়ে নেওয়ার পর যন্ত্রটি ধনাত্মক আধানকে আহিত হলে কী ঘটবে?

(ক) ফাঁক বৃদ্ধি পাবে　(খ) ফাঁক হ্রাস পাবে
(গ) পূর্বের অবস্থায় স্থির থাকবে　(ঘ) ফাঁক সর্বোচ্চ হবে　উত্তর:

৯। আধানের মধ্যবর্তী আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বলের মান কতটি বিষয়ের উপর নির্ভর করে?

(ক) ১ টি　(খ) ২ টি　(গ) ৩ টি　(ঘ) ৪ টি　উত্তর:

১০। দুটি আধানের মধ্যবর্তী আকর্ষণ বা বিকর্ষণ বলের মান তাদের মধ্যবর্তী দূরত্বের–

(ক) সমানুপাতিক　(খ) ব্যস্তানুপাতিক　(গ) বর্গের সমানুপাতিক　(ঘ) বর্গের ব্যস্তানুপাতিক　উত্তর:

ব্যাখ্যা : কুলম্বের সূত্রানুসারে, বল আধানদ্বয়ের গুণফলের সমানুপাতিক এবং মধ্যবর্তী দূরত্বের বর্গের ব্যাস্তানুপাতিক।

১১। দুটি তড়িৎ আধানের মধ্যবর্তী দূরত্ব অর্ধেক করা হলে, এদের মধ্যবর্তী বলের কী ঘটবে?

(ক) চারগুণ হবে (খ) দ্বিগুণ হবে (গ) অর্ধেক হবে (ঘ) এক-চতুর্থাংশ হবে উত্তর:

ব্যাখ্যা : কুলম্বের সূত্র থেকে আমরা জানি,

$F = \frac{q_1 \times q_2}{d^2}$ কিন্তু $d = \frac{1}{2}$ সুতরাং $F = \frac{q_1 \times q_2}{\left(\frac{1}{2}\right)^2} = 4 \times q_1 q_2$

অর্থাৎ আধান দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব অর্ধেক হলে, এদের মধ্যবর্তী বলের পরিমাণ চারগুণ হবে।

১২। দুটি আধানের মধ্যবর্তী দূরত্ব দ্বিগুণ করা হলে, এদের মধ্যবর্তী বলের কী ঘটবে?

(ক) চারগুণ হবে (খ) দ্বিগুণ হবে (গ) অর্ধেক হবে (ঘ) এক-চতুর্থাংশ হবে উত্তর:

ব্যাখ্যা : আমরা জানি,

$F = \frac{q_1 \times q_2}{d^2} = \frac{q_1 \times q_2}{2^2} = \frac{1}{4} \times$ আধানদ্বয়ের গুণফল, এখানে, দূরত্ব, $d = 2$

১৩। নিচের কোনটি লব্ধ রাশি?

(ক) ভর (খ) সময় (গ) কুলম্ব (ঘ) তড়িৎ প্রবাহ উত্তর:

১৪। কোন পরিবাহকের মধ্য দিয়ে $5A$ প্রবাহ $1s$ ধরে চললে প্রবাহিত আধানের পরিমাণ কী হবে?

(ক) 1 C (খ) 5 C (গ) 10 C (ঘ) 20 C

ব্যাখ্যা : আমরা জানি,

তড়িৎ প্রবাহ, $I = \frac{q}{t}$ বা, $q = I \times t = 5 \times 1$ $I = 5A;\ t = 1s$

তড়িৎ প্রবাহ, $I = \frac{q}{t}$ বা, $q = I \times t = 5 \times 1$ $I = 5A;\ t = 1s$]

১৫। কোন সম্পর্কটি সঠিক?

(ক) $E = \frac{F}{q}$ (খ) $F = \frac{E}{q}$ (গ) $F = \frac{Kq_1q_2}{d}$ (ঘ) $E = \frac{Kd}{q^2}$ উত্তর:

১৬। কোন তড়িৎক্ষেত্রে 10 কুলম্বের একটি আহিত বস্তু স্থাপন করলে সেটি 10 নিউটন বল লাভ করে, ঐ বিন্দুতে তড়িৎক্ষেত্রের তীব্রতা কত হবে?

ব্যাখ্যা : আমরা জানি,

$F = qE$ বা, $E = \frac{F}{q} = \frac{10}{10} = 1\ NC^{-1}$ $F = 10\ N; q = 10\ C$

$F = qE$ বা, $E = \frac{F}{q} = \frac{10}{10} = 1\ NC^{-1}$ $F = 10\ N; q = 10\ C$]

১৭। তড়িৎ তীব্রতার অপর নাম কী?

(ক) দুর্বলতা (খ) ক্ষমতা (গ) ওজন (ঘ) সবলতা উত্তর:

১৮। নিচের কোনটি থেকে তড়িৎ ক্ষেত্র সম্পর্কে ধারণা পাওয়া যায়?

(ক) ইলেকট্রন (খ) তড়িৎ বল (গ) তড়িৎ প্রাবল্য (ঘ) তড়িৎ বলরেখা উত্তর:

১৯। কোনো তড়িৎ ক্ষেত্রে 25 C এর একটি আহিত বস্তু স্থাপন করলে সেটি 200 N বল লাভ করে তবে ঐ বিন্দুতে তড়িৎ ক্ষেত্রের তীব্রতা কত?

(ক) 8 NC^{-1} (খ) 40 NC^{-1} (গ) 50 NC^{-1} (ঘ) 500 NC^{-1} উত্তর:

২০। একটি আহিত বস্তুর চারদিকে যে অঞ্চল জুড়ে এর প্রভাব থাকে তাকে কি বলে?

(ক) তড়িৎ তীব্রতা (খ) তড়িৎ বলরেখা (গ) তড়িৎ ক্ষেত্র (ঘ) তড়িৎ বল উত্তর:

২১।

(ক) B গোলক থেকে আধান A গোলকে যাবে (খ) A গোলক থেকে আধান B গোলকে যাবে

(গ) আধান পার্থক্য সমান থাকবে (ঘ) সর্বদাই B গোলকে একই আধান থাকব উত্তর:

২২। কোনটি উচ্চ বিভব থেকে নিম্ন বিভবের দিকে চলে?

(ক) ঋণাত্মক আধান (খ) ধনাত্মক আধান (গ) নিরপেক্ষ আধান (ঘ) ধনাত্মক ও ঋণাত্মক উত্তর:

ব্যাখ্যা : ধনাত্মক বিভব উচ্চ বিভব থেকে নিম্ন বিভবের দিকে যায়।]

২৩। কোন বস্তু থেকে 20 C ধনাত্মক আধানকে তড়িৎ ক্ষেত্রের কোন বিন্দুতে আনলে ঐ বিন্দুর বিভব 2 ভোল্ট হলে সম্পন্ন কাজ কত হবে?

(ক) 10 J (খ) 20 J (গ) 30 J (ঘ) 40 J উত্তর:

ব্যাখ্যা : আমরা জানি, $W = VQ = 2 \times 20 = 40\, J$

এখানে, $V = 2V;\ Q = 20\, J$

২৪। কোন তড়িৎক্ষেত্রে 10 কুলম্বের একটি আহিত বস্তু স্থাপন করলে সেটি 10 নিউটন বল লাভ করে, ঐ বিন্দুতে তড়িৎক্ষেত্রের তীব্রতা কত হবে?

(ক) 45 V (খ) 15 V (গ) 5 V (ঘ) 20 V উত্তর:

ব্যাখ্যা : ধরা যাক,

A বিন্দুর বিভব, $V_A = 25V$

B বিন্দুর বিভব, $V_B = 20\, V$

বিভব পার্থক্য $= V_A - V_B == 25\, V - 20\, V = 5\, V$

২৫। দুটি অন্তরিত ধাতব পাতকে সমান্তরালে থেকে কি তৈরী করা হয়?

(ক) সার্কিট (খ) তড়িৎকোষ (গ) রোধ (ঘ) ধারক উত্তর:

২৬। তড়িৎ আধানরূপে শক্তি সঞ্চয় করে রাখার ক্ষমতাকে কী বলে?

(ক) রোধকত্ব (খ) বিভব (গ) ধারকত্ব (ঘ) তড়িৎ বল উত্তর:

ব্যাখ্যা : তড়িৎ আধানরূপে শক্তি সঞ্চয় করে রাখার ক্ষমতাকে ধারকত্ব বলে। অর্থাৎ ধারকত্ব, $C = \frac{Q}{v}$

২৭। গাড়ি, সাইকেল, আলমারী ইত্যাদি রং করার জন্য ইদানীং কী ব্যবহার হয়?

(ক) রঙের ব্রাশ (খ) রঙের কাপড় (গ) রঙের স্প্রে (ঘ) সবগুলো উত্তর:

২৮। বজ্রনাদ কী?

(ক) শব্দ (খ) আলো (গ) তাপ (ঘ) আয়ন উত্তর:

২৯। তড়িৎ পরিবাহীর মধ্য দিয়ে কোনপথে চলে?

(ক) দীর্ঘ পথে (খ) সংক্ষিপ্ততম পথে (গ) বক্রপথে (ঘ) চলে না উত্তর:

৩০। বিমানের আধান বাড়ালে বিমান ও ভূ-পষ্ঠের মধ্যে কী ঘটে?

(ক) দূরত্ব বাড়ে (খ) দূরত্ব কমে (গ) বিভব পার্থক্য বাড়ে (ঘ) বিভব পার্থক্য কমে উত্তর:

৩১। অপারেশন থিয়েটারে থাকা ব্যক্তিদের পরিবাহক রাবারের জুতা ও গ্লাভস পরতে হয় কেন?

(ক) আলো থেকে দূরে থাকার জন্য (খ) ভূমি থেকে বিচ্ছিন্ন থাকার জন্য

(গ) ভূ-সংযুক্ত থাকার জন্য (ঘ) তাপমাত্রা হ্রাসের জন্য উত্তর:

৩২। সমপরিমাণ দুটি আধানের মধ্যবর্তী আকর্ষণ বলের মান চারগুণ হবে যখন

i. দূরত্ব অর্ধেক

ii. দূরত্ব দ্বিগুণ

iii. আধান দ্বিগুণ

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i ,ii ও iii উত্তর:

[তথ্য/ব্যাখ্যা : কুলম্বের সূত্র হতে আমরা জানি, F ∝ আধানের গুণফল $F \propto \frac{1}{d^2}$

ব্যাখ্যা : কুলম্বের সূত্র হতে আমরা জানি, F ∝ আধানের গুণফল $F \propto \frac{1}{d^2}$

i. দুটি প্রোটন

ii. দুটি নিউট্রন

iii. দুটি ইলেকট্রন

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i ,ii ও iii উত্তর:

৩৪। পরমাণুতে অবস্থিত ইলেকট্রন−

i. নিউক্লিয়াসে থাকে

ii. নিউক্লিয়াসের বাইরে থাকে

iii. পরমাণুর বিভিন্ন কক্ষপথে ঘূর্ণায়মান থাকে

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i ,ii ও iii উত্তর:

৩৫। নিচের সম্পর্কগুলো লক্ষ কর−

i. $q = \frac{F}{E}$

ii. $W = \frac{V}{q}$

iii. $V = \frac{W}{q}$

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i ,ii ও iii উত্তর:

ব্যাখ্যা : কৃতকাজ, $W = V \times Q$; তড়িৎ তীব্রতা, $E = \frac{F}{q}$ বা, $q = \frac{F}{E}$

৩৬। ধারক শক্তি সঞ্চয় করে রাখে−

i. তড়িৎ আধানরূপে

ii. তড়িৎ ক্ষেত্ররূপে

iii. তড়িৎ বলরেখারূপে

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i ,ii ও iii উত্তর:

৩৭। 2 cm ব্যাসার্ধবিশিষ্ট গোলকের−

i. আয়তন $\frac{32}{3}\ \pi\ cm^3$

ii. ধারকত্ব $2.22 \times 10^{-12}\ F$

iii. চার্জ $5\ C$ হলে পটেনশিয়াল $2.25\ \times 10^{12}\ V$

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i ,ii ও iii উত্তর:

৩৮। ধনাত্মক আধান চলে-

i. উচ্চ বিভব থেকে নিম্ন বিভবের দিকে

ii. নিম্ন বিভব থেকে উচ্চ বিভবের দিকে

iii. ঋণাত্মক আধানের বিপরীত দিকে

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i ,ii ও iii উত্তর:

৩৯। বস্তুর আহিত হওয়া-

i. পরিধেয় কাপড় ঘর্ষণের ফলে আহিত হতে পারে

ii. আহিত কাপড় বদলানোর সময় শক্ খাওয়ার সম্ভাবনা থাকে

iii. ধুলোবালি জীবাণু অনাহিত বস্তু দ্বারা আকৃষ্ট হয়

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i ,ii ও iii উত্তর:

৪০। জ্বালানিবাহী ট্যাংকার বা ট্রাকের সাথে ধাতব শিকল লাগানো থাকে-

i. ট্রাককে বাধার জন্য

ii. ঘর্ষণে উৎপন্ন আধান পরিবহনের জন্য

iii. টাককে দুর্ঘটনার হাত থেকে রক্ষার জন্য

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i ,ii ও iii উত্তর:

৪১। বিদ্যুৎ লাইনের সাথে ধাতব খুটি সরাসরি সংযুক্ত থাকলে-

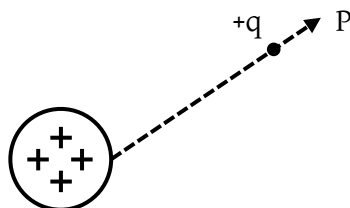
i. খুঁটির মধ্য দিয়ে আধান ভূমিতে চলে যাবে

ii. খুটি তড়িৎগ্রস্ত হবে

iii. খুঁটিতে বেশি চাপ অনুভূত হবে

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i ,ii ও iii উত্তর:

নিচের তথ্যের ভিত্তিতে ৪২ ও ৪৩ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

৪২। A বস্তুর ধনাত্মক আধান বৃদ্ধি করা হলে P বিন্দুর অনুভূত বল কেমন হবে?

(ক) আকর্ষণ বল বাড়বে (খ) বিকর্ষণ বল বাড়বে

(গ) আকর্ষণ বল একই থাকবে (ঘ) বিকর্ষণ বল কমবে উত্তর:

ব্যাখ্যা : কুলম্বের সূত্র হতে পাই, $F = \frac{q_1 q_2}{d^2}$ $\therefore$ $F \propto q_1 \times q_2$।

সুতরাং A বস্তুতে ধনাত্মক আধান বৃদ্ধি পেলে বিকর্ষণ বল বাড়বে।]

৪৩। A বস্তুতে 5 কুলম্বের আধান 0.5 m দূরে P বিন্দুতে তড়িৎ ক্ষেত্রের তীব্রতা কত?

(ক) $1.8 \times 10^9\ NC^{-1}$ (খ) $1.8 \times 10^{10}\ NC^{-1}$

(গ) $1.8 \times 10^{11}\ NC^{-1}$ (ঘ) $1.8 \times 10^{12}\ NC^{-1}$ উত্তর:

ব্যাখ্যা : আমরা জানি, $E = 9 \times 10^9 \times \frac{q}{d^2}$

$$= 9 \times 10^9 \times \frac{5}{(0.5)^2} = 1.8 \times 10^{11}\ NC^{-1}$$

এখানে, $q = 5\ C$

দূরত্ব, $d = 0.5\ m$]

নিচের তথ্য থেকে ৪৪ ও ৪৫ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

অসীম থেকে 20 c ধনাত্মক আধানকে তড়িৎক্ষেত্রের কোন বিন্দুতে আনতে 40 J কাজ করতে হয়।

৪৪। তড়িৎ ক্ষেত্রটির বিভব কত?

(ক) 80 V (খ) 2 V (গ) 3 V (ঘ) 1200 V উত্তর:

ব্যাখ্যা : আমরা জানি, $W = VQ$

$V = \frac{W}{Q} = \frac{401}{20\ C} = 2\ V$

এখানে, কাজ, $W = 40\ J$

চার্জের মান, $Q = 20\ C$]

৪৫। তড়িৎ ক্ষেত্রের বিভব 5 V হলে কাজের পরিমাণ কত হবে?

(ক) 80 J (খ) 25 J (গ) 100 J (ঘ) 20 J উত্তর:

ব্যাখ্যা : আমরা জানি, $W = VQ = 5 \times 20 = 100\ J$

এখানে, $V = 5V$; $Q = 20\ C$

নিচের তথ্যের আলোকে ৪৬ ও ৪৭ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

একটি বস্তুর চার্জ $5C$

৪৬। চার্জটি থেকে 10 m দূরে ইলেকট্রিক ফিল্ড কত?

(ক) $2 \times 10^8\ NC^{-1}$ (খ) $2.5 \times 10^8\ NC^{-1}$

(গ) $4.5 \times 10^8 \ NC^{-1}$ (ঘ) $5 \times 10^8 \ NC^{-1}$ উত্তর:

৪৭। বস্তুটির ধারকত্ব 5 F হলে এর পটেনশিয়লি কত?

(ক) 1 V (খ) 10 V (গ) 25 V (ঘ) 50 V উত্তর:

ব্যাখ্যা : পটেনশিয়াল $= \frac{5\,C}{5\,F} = 1\,V$

নিচের তথ্যের আলোকে ৪৮ ও ৪৯ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

একটি তড়িৎ ক্ষেত্রে 15 C এর একটি আহিত বস্তু স্থাপন করায় তড়িৎ ক্ষেত্রের তীব্রতা 2 NC^{-1} হয়।

৪৮। আহিত বস্তুটি কত বল লাভ করবে?

(ক) 15 N (খ) 2 N (গ) 30 N (ঘ) 7.5 N উত্তর:

ব্যাখ্যা : আমরা জানি, $F = qE = 15 \times 2 = 30\,N$

এখানে, $q = 15\,C$; $E = 2\,NC$

৪৯। আহিত বস্তুটি যদি 15 N বল লাভ করে তাহলে তড়িৎ তীব্রতা কত হবে?

(ক) 15 NC^{-1} (খ) 2 NC^{-1} (গ) 30 NC^{-1} (ঘ) 1 NC^{-1} উত্তর:

ব্যাখ্যা : আমরা জানি, $F = qE$

$$E = \frac{F}{q} = \frac{15}{15} = 1\,NC^{-1}$$

এখানে, $F = 15\,N;\ q = 15\,C$